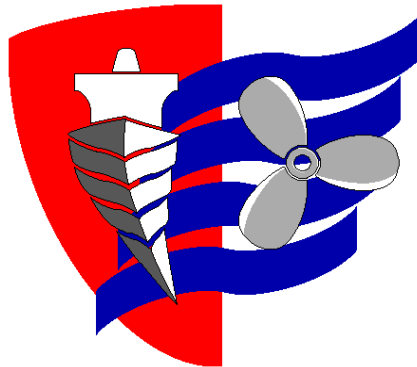


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Máster

**SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN
UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD**

**(Replacing of a gravity sewage
treatment plant for a vacuum plant in a
High Speed Craft)**

Para acceder al Título de Máster Universitario en
INGENIERÍA MARINA

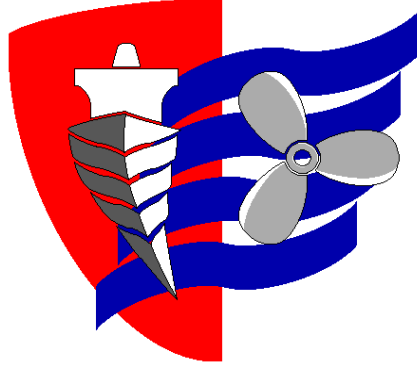
Autor: Juan Manuel González González

Directora: Belén Río Calonge

Co-Director: Manuel A. Girón Portilla

Marzo 2020

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Máster

**SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN
UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD**

**(Replacing of a gravity sewage
treatment plant for a vacuum plant in a
High Speed Craft)**

Para acceder al Título de Máster Universitario en
INGENIERÍA MARINA

Marzo 2020

ÍNDICE

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Índice tablas..... | 10 |
| Índice ilustraciones | 11 |
| RESUMEN | 14 |
| PALABRAS CLAVE | 14 |
| SUMMARY..... | 15 |
| KEYWORDS..... | 15 |
| 1. MEMORIA..... | 17 |
| 1.1. Objeto | 17 |
| 1.2. Alcance | 17 |
| 1.3. Antecedentes..... | 17 |
| 1.3.1. Datos principales del buque..... | 18 |
| 1.3.2. Descripción del buque | 19 |
| 1.3.3. Convenio MARPOL 73/78 | 20 |
| 1.3.4. Prevención de la contaminación por las aguas sucias de los buques | 21 |
| 1.3.5. Origen de las aguas de desechos | 23 |
| 1.3.6. Procedimiento para descargar las aguas residuales | 23 |
| 1.3.7. Tecnología vanguardista de tratamiento de aguas residuales | 24 |
| 1.3.8. Tratamiento biológico de aguas residuales | 25 |
| 1.3.9. Ventajas y desventajas del sistema de gravedad en comparación con el sistema por vacío..... | 27 |
| 1.3.10. Problemas resultantes de la retención de aguas residuales sin tratar | 28 |
| 1.3.11. Requisitos higiénicos y medio ambientales | 29 |

| | | |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.3.12. | Reducción de ruidos y olores..... | 30 |
| 1.3.13. | Consideraciones higiénicas | 30 |
| 1.3.14. | Principios básicos de funcionamiento del sistema de achique de aguas residuales por vacío en un buque..... | 30 |
| 1.3.15. | Principio de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales | 31 |
| 1.4. | Normas y Referencias | 32 |
| 1.4.1. | Normas | 32 |
| 1.4.2. | Referencias..... | 33 |
| 1.5. | Definiciones y abreviaturas..... | 34 |
| 1.6. | Requisitos de diseño..... | 37 |
| 1.6.1. | Composición del sistema sanitario del buque..... | 38 |
| 1.6.2. | Espacios de uso sanitario del buque | 39 |
| 1.6.3. | Estructuración del sistema sanitario del buque..... | 39 |
| 1.6.4. | Planta de tratamiento biológico de aguas residuales..... | 40 |
| 1.6.4.1. | Estación generadora de vacío | 42 |
| 1.6.4.2. | Bomba de vacío con maceradora | 43 |
| 1.6.5. | Elección de ramales | 44 |
| 1.6.6. | Secciones de tuberías para mantenimiento..... | 44 |
| 1.6.7. | Influencia del asiento y la escora del buque | 44 |
| 1.6.8. | Líneas de achique por vacío..... | 45 |
| 1.6.8.1. | Descripción de las líneas de achique por vacío..... | 45 |
| 1.6.8.2. | Ventajas del sistema de achique por vacío | 46 |
| 1.6.8.3. | Desventajas del sistema de achique por vacío..... | 47 |
| 1.6.9. | Dispositivos con funcionamiento por vacío | 47 |
| 1.6.9.1. | Inodoros con funcionamiento por vacío | 47 |

| | | |
|------------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.6.9.1.1. | Principio de funcionamiento..... | 48 |
| 1.6.9.2. | Urinario con accionamiento por vacío integrado..... | 48 |
| 1.6.9.3. | Tanque interfaz de aguas grises..... | 49 |
| 1.6.9.4. | Válvula interfaz de vacío..... | 50 |
| 1.6.9.4.1. | Principio de funcionamiento de la unidad de interfaz de vacío | 51 |
| 1.6.9.5. | Lavabos y otros aparatos a desaguar..... | 51 |
| 1.6.10. | Diseño de la instalación del sistema de tuberías | 51 |
| 1.6.11. | Instalación de tuberías horizontales | 52 |
| 1.6.11.1. | Tuberías de salida dirigidos hacia arriba desde los inodoros | 52 |
| 1.6.11.2. | Tuberías de salida dirigidas hacia abajo desde los inodoros. | 52 |
| 1.6.11.3. | Montaje de tuberías de vacío en techos | 54 |
| 1.6.11.4. | Montaje de tubos de derivación horizontales en el techo de paneles | 55 |
| 1.6.11.5. | Unión de tubos con diferentes dimensiones | 55 |
| 1.6.11.6. | Puntos de Limpieza | 56 |
| 1.6.11.7. | Codos | 57 |
| 1.6.11.8. | Ramales | 57 |
| 1.6.11.9. | Conexión de los inodoros | 58 |
| 1.6.11.10. | Perforaciones..... | 59 |
| 1.6.11.11. | Tuberías | 59 |
| 1.6.11.12. | Tuberías de acero..... | 60 |
| 1.6.11.13. | Tuberías de macho y casquillo | 60 |
| 1.6.11.14. | Tuberías de CuNiFe | 60 |

| | | |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.6.11.15. | Tuberías de PVC-U | 60 |
| 1.6.12. | Diseño del punto de descarga | 61 |
| 1.6.12.1. | Puntos de descarga | 61 |
| 1.6.12.1.1. | Sistema de tuberías de descarga | 61 |
| 1.6.12.1.2. | Descarga por el costado | 62 |
| 1.6.12.1.3. | Dispositivos de cierre..... | 62 |
| 1.6.12.1.3.1. | Configuración de los dispositivos de cierre y salidas en el casco de las aguas residuales..... | 63 |
| 1.6.12.2. | Descarga a un punto externo de descarga (conexión a tierra) | 64 |
| 1.6.12.2.1. | Espesor de las paredes de las tuberías..... | 64 |
| 1.6.12.2.2. | Conexión de descarga de las residuales | 64 |
| 1.6.12.3. | Descarga a través de una línea de derivación..... | 64 |
| 1.6.12.4. | Disposición de las tuberías | 65 |
| 1.7. | Análisis de soluciones..... | 65 |
| 1.7.1. | Trazado de líneas | 65 |
| 1.7.2. | Elección del diseño de la tubería | 66 |
| 1.7.3. | Ubicación de la unidad de vacío | 67 |
| 1.7.4. | Depósito de vacío: cálculo y acumulación | 67 |
| 1.8. | Resultados finales | 67 |
| 1.8.1. | Obra de instalación planta séptica..... | 67 |
| 1.8.2. | Trabajo a realizar para la instalación de las líneas de tuberías de aguas residuales..... | 69 |
| 1.9. | Planificación..... | 70 |
| 1.9.1. | Equipos y/o dispositivos a dismantelar: | 70 |
| 1.9.2. | Equipos y/o dispositivos a instalar: | 70 |

| | | |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.9.3. | Equipos y/o dispositivos a sustituir de funcionamiento por gravedad por funcionamiento por vacío:..... | 70 |
| 1.9.4. | Materiales a utilizar | 71 |
| 1.9.4.1. | Tuberías para el transporte de aguas negras y grises..... | 71 |
| 1.9.4.1.1. | Soportado de tubos | 71 |
| 1.9.4.2. | Válvulas de control de paso..... | 71 |
| 1.9.4.3. | Datos específicos de tubos..... | 72 |
| 1.9.5. | Equipos a instalar | 73 |
| 1.9.5.1. | Planta de tratamiento de aguas residuales..... | 73 |
| 1.9.5.1.1. | Características..... | 73 |
| 1.9.5.1.2. | Datos técnicos | 73 |
| 1.9.5.1.3. | Dimensiones | 73 |
| 1.9.5.2. | Unidad modular de vacío | 74 |
| 1.9.5.2.1. | Características..... | 75 |
| 1.9.5.2.2. | Dimensiones | 75 |
| 1.9.5.3. | Bomba de vacío con maceradora | 76 |
| 1.9.5.3.1. | Datos técnicos | 76 |
| 1.9.5.3.2. | Dimensiones | 76 |
| 1.9.5.3.3. | Datos operativos..... | 77 |
| 1.9.5.4. | Inodoros..... | 78 |
| 1.9.5.4.1. | Datos Técnicos | 79 |
| 1.9.5.4.2. | Dimensiones | 79 |
| 1.9.5.4.3. | Datos Operativos | 80 |
| 1.9.5.5. | Tanque interfaz con accionamiento por vacío | 80 |
| 1.9.5.5.1. | Datos operativos..... | 80 |

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: ÍNDICE | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 8 DE 124 |

| | | |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.9.5.5.2. | Datos técnicos | 81 |
| 1.9.5.6. | Procedimiento de prueba de estanqueidad de vacío | 81 |
| 1.9.6. | Instalación eléctrica de la planta de tratamiento de aguas residuales y unidad modular de vacío | 82 |
| 2. | ANEXOS..... | 84 |
| 2.1. | Certificación de planta de tratamiento..... | 84 |
| 2.2. | Tabla de conversión de vacío | 87 |
| 2.3. | Disposición cuadro eléctrico DB5E | 88 |
| 2.4. | Plano cuadro eléctrico DB5E | 88 |
| 2.5. | Cálculos | 89 |
| 2.5.1. | Cantidades a considerar para la descarga de aguas residuales | 89 |
| 2.5.2. | Cálculo de la capacidad de aire..... | 91 |
| 2.5.2.1. | Capacidad de aire para las aguas negras | 91 |
| 2.5.2.2. | Capacidad de aire para las aguas grises..... | 91 |
| 2.5.3. | Programación del proyecto | 92 |
| 2.5.3.1. | Programación | 92 |
| 2.5.3.2. | Calculo programación..... | 93 |
| 2.5.3.3. | Grafos asociados al proyecto | 94 |
| 3. | PLANOS | 96 |
| 4. | PLIEGO DE CONDICIONES | 107 |
| 4.1. | Pliego de condiciones generales | 107 |
| 4.1.1. | Condiciones generales | 107 |
| 4.1.2. | Mandos y responsabilidades: | 107 |
| 4.1.3. | Reglamentos y normas | 108 |
| 4.1.4. | Materiales | 108 |

| | | |
|---------|----------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.5. | Recepción del material | 109 |
| 4.1.6. | Organización..... | 109 |
| 4.1.7. | Interpretación y desarrollo del proyecto..... | 110 |
| 4.1.8. | Obras complementarias..... | 111 |
| 4.1.9. | Modificaciones | 111 |
| 4.1.10. | Obra defectuosa | 111 |
| 4.1.11. | Medios auxiliares | 112 |
| 4.1.12. | Subcontratación de obras | 112 |
| 4.1.13. | Contrato | 112 |
| 4.1.14. | Responsabilidades | 112 |
| 4.2. | Pliego de condiciones económicas..... | 113 |
| 4.2.1. | Mediciones y valoraciones de las obras | 113 |
| 4.2.2. | Abono de las obras..... | 113 |
| 4.2.3. | Precios..... | 114 |
| 4.2.4. | Revisión de precios | 114 |
| 4.2.5. | Penalizaciones por retrasos..... | 114 |
| 4.2.6. | Liquidación en caso de rescisión del contrato | 114 |
| 4.2.7. | Fianza..... | 115 |
| 4.2.8. | Conservación de las obras durante el plazo de garantía . | 115 |
| 4.2.9. | Medidas de seguridad | 115 |
| 4.2.10. | Demoras | 115 |
| 4.3. | Pliego de condiciones facultativas | 116 |
| 4.3.1. | Normas a seguir | 116 |
| 4.3.2. | Personal | 117 |
| 4.3.3. | Condición, admisión y retirada de materiales | 117 |

| | | |
|--------|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3.4. | Reconocimientos y ensayos previos..... | 117 |
| 5. | MEDICIONES | 120 |
| 5.1. | Material a emplear | 120 |
| 5.1.1. | Planta de tratamiento de aguas residuales..... | 120 |
| 5.1.2. | Dispositivos con mecanismos de accionamiento por vacío | 120 |
| 5.1.3. | Tuberías | 120 |
| 5.1.4. | Conexiones..... | 120 |
| 5.1.5. | Accesorios | 121 |
| 5.1.6. | Válvulas | 121 |
| 5.1.7. | Materiales varios..... | 122 |
| 5.1.8. | Mano de obra personal..... | 122 |
| 5.2. | Presupuesto desglosado en partidas..... | 122 |
| 5.3. | Balance final del presupuesto..... | 123 |

ÍNDICE TABLAS

| | | |
|-----------|------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. | Resumen de la contaminación por aguas sucias..... | 22 |
| Tabla 2. | Clasificación de las aguas de desechos. | 23 |
| Tabla 3. | Diámetros nominales para las líneas de achique..... | 59 |
| Tabla 4. | Dimensiones de las tuberías de acero. | 60 |
| Tabla 5. | Medidas de las tuberías de PVC-U..... | 61 |
| Tabla 6. | Medidas de las tuberías de acero | 64 |
| Tabla 7. | Material a utilizar de tubos | 72 |
| Tabla 8. | Tamaño a utilizar de tubos..... | 72 |
| Tabla 9. | Datos operativos Bomba de Vacío con Maceradora. | 77 |
| Tabla 10. | Cantidad mínima de agua de desecho..... | 89 |

| | |
|--------------------------------------------------------|----|
| Tabla 11. Número de retretes utilizados por hora | 91 |
|--------------------------------------------------------|----|

ÍNDICE ILUSTRACIONES

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1. Jaume I (Free Port, Grand Bahamas)..... | 19 |
| Ilustración 2. Vertido de aguas de un buque..... | 21 |
| Ilustración 3. Planta de tratamiento de aguas residuales Hamworthy..... | 27 |
| Ilustración 4. Principio de operación de una planta biológica. | 32 |
| Ilustración 5. Tanque Colector y descarga al mar Jaume I | 38 |
| Ilustración 6. Planta de tratamiento de aguas residuales..... | 40 |
| Ilustración 7. Planta de tratamiento de aguas negras (Buque Passió per Formentera). | 41 |
| Ilustración 8. Unidad Modular de Vacío. | 42 |
| Ilustración 9. Unidad de generación de vacío de doble etapa en línea..... | 42 |
| Ilustración 10. Bomba de Vacío con Maceradora. | 44 |
| Ilustración 11. Circuito sistema por vacío. | 46 |
| Ilustración 12. Inodoro con funcionamiento por vacío..... | 47 |
| Ilustración 13. Urinario de accionamiento por vacío integrado..... | 49 |
| Ilustración 14. Tanque interfaz de Aguas Grises. | 49 |
| Ilustración 15. Tanque interfaz de aguas grises..... | 50 |
| Ilustración 16. Válvula de Interfaz de vacío. | 50 |
| Ilustración 17. Uniones de tuberías en una cubierta. | 51 |
| Ilustración 18. Instalación de tuberías con tubos descendentes. | 52 |
| Ilustración 19. Instalación inodoros con tuberías dirigidas hacia abajo..... | 52 |
| Ilustración 20. Construcción de un sifón. | 53 |
| Ilustración 21. Instalación tuberías con obstáculos horizontales..... | 53 |
| Ilustración 22. Instalación tuberías con obstáculos horizontales..... | 53 |

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: ÍNDICE | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 12 DE 124 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 23. Distancia instalación entre sifones..... | 54 |
| Ilustración 24. Ramificación de tuberías. | 56 |
| Ilustración 25. Puntos de limpieza | 56 |
| Ilustración 26. Tubería con curva a 90º..... | 57 |
| Ilustración 27. Curva 90º..... | 57 |
| Ilustración 28. Conexión tuberías a 45º. | 58 |
| Ilustración 29. Ramificación de tuberías. | 58 |
| Ilustración 30. Conexión de inodoro..... | 59 |
| Ilustración 31. Ejemplo de un sistema de descarga de aguas negras con una unidad de almacenamiento aguas arriba del punto de descarga..... | 62 |
| Ilustración 32. Sección de tuberías Z..... | 63 |
| Ilustración 33. Dispositivos de cierre y salidas en el casco de aguas residuales | 63 |
| Ilustración 34. Líneas de derivación..... | 65 |
| Ilustración 35. Diferencia de presión en tuberías. | 66 |
| Ilustración 36. Void 4 Er HSC Jaume I..... | 68 |
| Ilustración 37. Jaume I G (Garaje Cubierta 1)..... | 69 |
| Ilustración 38. Dimensiones planta séptica DVZ-SKA 50 PLUS | 74 |
| Ilustración 39. Unidad modular de vacío JETS 130 MBA. | 74 |
| Ilustración 40. Dimensiones Unidad Modular de Vacío..... | 75 |
| Ilustración 41. Dimensiones Bomba de Vacío con Maceradora..... | 76 |
| Ilustración 42. Datos Operativos Bomba de Vacío con Maceradora (400V/50Hz)..... | 77 |
| Ilustración 43. Datos Operativos Bomba de Vacío con Maceradora (440V/60Hz)..... | 78 |
| Ilustración 44. Diseño inodoro Jets 50..... | 79 |

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: ÍNDICE | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 13 DE 124 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 45. Dimensiones inodoro Jets 50. | 79 |
| Ilustración 46. Tanque Interfaz con mecanismo de accionamiento por vacío. | 80 |
| Ilustración 47. Certificación Planta de Tratamiento DVZ..... | 84 |
| Ilustración 48. Certificación Planta de Tratamiento DVZ..... | 85 |
| Ilustración 49. Certificación Planta de Tratamiento DVZ..... | 86 |
| Ilustración 50. Tabla de Conversión de Vacío | 87 |
| Ilustración 51. Disposición cuadros eléctricos Ante-room Er. | 88 |
| Ilustración 52. Diagrama instalación sección cuadro eléctrico DB5E..... | 88 |

RESUMEN

El proyecto tiene la finalidad de realizar el cálculo y diseño para la sustitución del sistema de tratamiento y desagües por gravedad de las aguas residuales por una con funcionamiento por vacío, para los aseos de la zona de pasaje y de la tripulación, de un ferri catamarán con capacidad para un máximo de 624 pasajeros y 22 tripulantes.

Se seleccionará una planta de tratamiento de aguas residuales que cumpla con los requisitos del MARPOL, Anexo IV, Regulaciones 8(1) (b) y 9.1.1. de la Resolución MEPC-2 (IV) de IMO, CE Directivas 96/98/EC y 98/85/EC.

El proyecto se calcula y diseña de acuerdo a la normativa UNE-EN ISO 15749 que trata de los sistemas de desagüe en barcos y estructuras marinas.

En el estudio de este proyecto, al tratarse de un buque de pasaje, se seleccionará una planta de funcionamiento por vacío para sustituir el funcionamiento por gravedad, por lo que se utilizarán los apartados siguientes: Embarcaciones y tecnología marina. Sistemas de desagüe en barcos y estructuras marinas. Parte 1, 2, 3 y 4.

Se ha centrado el proyecto en la desmantelar algunos de los actuales equipos del sistema y en la nueva instalación de nuevos equipos que contribuyan a disminuir el impacto medioambiental en el vertido de estas aguas, describiendo todos los elementos necesarios que los componen y estableciendo un presupuesto; en el que se incluye los materiales, la mano de obra y la construcción de la infraestructura necesaria para realizar el proyecto.

PALABRAS CLAVE

MARPOL IV, aguas negras, aguas grises, aguas residuales.

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: RESUMEN | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PAGINA 15 DE 115 |

SUMMARY

The project is intended to perform the calculation and design for replacement of the treatment system and drains by gravity sewage by a vacuum operation with, for toilets area passenger and crew, of a catamaran ferry with a capacity for a maximum of 624 passengers and 22 crew members.

A sewage treatment plant that meets the requirements of MARPOL, Annex IV, Regulations 8 (1) (b) and 9.1.1 will be selected of Resolution MEPC-2 (IV) of IMO, CE Directives 96/98 / EC and 98/85 / EC.

The project is calculated and designed according to the UNE-EN ISO 15749 standard that deals with the drainage systems in ships and marine structures.

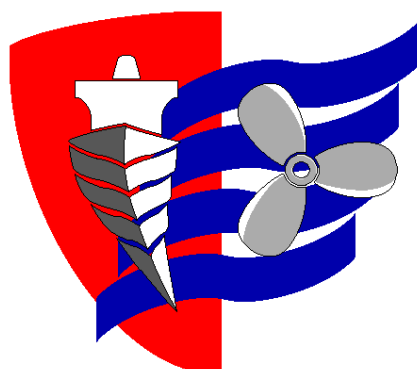
In the study of this project, as it is a passenger ship, a vacuum operation plant will be selected to replace gravity operation, so sections one, two, three and four of the standard entitled respectively will be used: Ships and marine technology. Drainage systems on ships and marine structures part 1, 2, 3 & 4, respectively.

The project has focused on dismantling some existing equipment system and the new installation of new equipment to help reduce the environmental impact on the discharge of these waters, describing all the necessary elements that compose them and establishing a budget; which includes the materials, labor and construction of the infrastructure necessary to carry out the project.

KEYWORDS

MARPOL IV, black water, gray water, sewage, wastewater.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



MEMORIA

1. MEMORIA

1.1. OBJETO

La finalidad del proyecto es la mejora del sistema realizando la sustitución del sistema de aguas negras que funciona por gravedad en el ferri catamarán JAUME I, realizando el diseño y sustitución del sistema de funcionamiento por vacío e instalando una planta de tratamiento de aguas residuales, adaptándose a las normas y exigencias de las administraciones de acuerdo a las normas de estandarización UNE 15749 y el Convenio MARPOL anexo IV.

1.2. ALCANCE

El destinatario del presente proyecto es la Escuela Técnica Superior de Náutica de la Universidad de Cantabria, donde se presentará como Trabajo Fin de Máster al objeto de obtener el título de Máster en Ingeniería Marina.

1.3. ANTECEDENTES

Si es cierto que los buques siempre están rodeados del agua de mares u océanos, el agua dulce es un bien escaso que se debe economizar, intentando que se desperdicie lo mínimo posible, especialmente en procesos de limpieza. Precisamente para cumplir esta necesidad, los buques han incorporado la tecnología de achique de las aguas residuales por vacío como un pilar fundamental de los sistemas de eliminación de residuos, afirmando que de esta manera ayuda en el ahorro de hasta un 60% de agua dulce que se almacena a bordo.

Cada vez que se fabrica un nuevo buque de pasajeros o crucero, hay una tendencia a concentrarse en los aspectos glamorosos de las habilitaciones mientras se ignora gran parte del equipo oculto que contribuye a la comodidad de los pasajeros y la tripulación. Una de esas áreas es el sistema de funcionamiento de los baños, un componente esencial en cualquier

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 18 DE 124 |

buque, pero especialmente cierto para los buques de pasaje que produce grandes cantidades de aguas grises y negras.

Todos los sistemas de inodoros para los buques de pasaje y cruceros actualmente se basan en el principio del vacío, que se ha desarrollado y mejorado constantemente desde la década de 1970. La razón principal de esto es que el sistema de vacío es la solución más rentable debido al alto nivel de flexibilidad de instalación, diámetro de tubería pequeño, instalación simple, bajo consumo de agua y capacidad de elevación vertical.

Todos los sistemas de vacío modernos son ideales para la adaptación en buques con sistemas de gravedad antiguos. El alto grado de flexibilidad de instalación combinado con un requisito de espacio mínimo permite la instalación de una unidad de vacío en casi cualquier lugar de un barco con el fin de mejorar la capacidad, la fiabilidad, la función de la planta de tratamiento de aguas residuales, reducir el costo operativo y eliminar los problemas de espuma.

1.3.1. DATOS PRINCIPALES DEL BUQUE

- Nombre: Jaume I
- Bandera: Valetta - Malta
- IMO N°: 9081693
- MMSI: 256988000
- Armador: Balearia Eurolíneas Marítimas
- Sociedad de Clasificación: Det Norske Veritas (DNV)
- Notación de clase: 1ª HSLC Car Ferry
- Eslora Total: 77.46 metros
- Eslora entre perpendiculares: 63.90 metros
- Manga de trazado: 26.00 metros
- Puntal de trazado: 4.04 metros
- Calado máximo: 3.47 metros
- Arqueo bruto (TRB): 3989 Peso: 1427 toneladas
- Desplazamiento: 927 toneladas
- Tripulación: 22 personas

- Pasajeros: 623 personas
- Carga rodada: 130 vehículos



Ilustración 1. Jaume I (Free Port, Grand Bahamas).
Fuente: Foto propia, (2018)

1.3.2. DESCRIPCIÓN DEL BUQUE

El buque a rediseñar el sistema de achique de aguas residuales es un catamarán ferri fabricado en los astilleros INCAT (Australia), denominado como nave de gran velocidad o buque de alta velocidad, (High Speed Craft). La embarcación está compuesta por dos cascos en donde están dispuestos los cuatro motores principales, los sistemas de propulsión, cuatro motores auxiliares, y demás equipos auxiliares. Posee una superestructura con tres cubiertas apoyada sobre éstos, destinados a la carga rodada, pasaje y el puente de mando.

El trabajo de investigación va en función de mejorar el funcionamiento del tratamiento actual de aguas negras que posee el buque para reducir al mínimo la contaminación debido al vertido de estas aguas al mar sin tratar, implantando los sistemas optimizados actuales existentes

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 20 DE 124 |

1.3.3. CONVENIO MARPOL 73/78

El Convenio MARPOL es el más importante sobre polución marina generada por buques. Con la finalidad de contribuir con respecto a la contaminación del medio ambiente en esta actividad, debemos expresar que adicionalmente existen también otros tipos de contaminación marina generada por los buques.

La prevención de este tipo de contaminación es regulada por el *Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación Ocasionada por Buques, llamado MARPOL 73/78 (Marine Pollution)* el cual es refrendado por la mayoría de los países del mundo, entre ellos España, por lo tanto, todas las disposiciones contenidas en este Convenio tienen mayor rango que una ley y su aplicación es inmediata a través de la Autoridad Marítima

Este convenio pertenece a la Organización Marítima Internacional (OMI), quien a la vez pertenece a la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

El CONVENIO MARPOL 73/78 contiene varios anexos en los cuales se encuentran las reglas que definen claramente los tipos de contaminación marina generada por buques. En este proyecto nos referiremos a la regla para prevenir la contaminación por aguas sucias referida en el anexo IV y su contenido.

En el convenio están contenidas todas las prescripciones y exigencias respecto a certificaciones, equipamiento del buque, facilidades de recepción de terminal, planes de Contingencia de contaminación, los cuales tienen que cumplir todos los buques a nivel mundial.

El Anexo IV contiene una serie de reglas sobre la descarga en el mar de las aguas sucias de los buques, incluidas reglas aplicables al equipo y los sistemas de los buques para el control de esas descargas, la provisión en los puertos de instalaciones de recepción de las aguas sucias y prescripciones sobre reconocimiento y certificación.

Generalmente se considera que en alta mar las aguas pueden asimilar y descomponer las aguas residuales sin depurar mediante una acción bacteriana natural. Por tanto, las reglas del Anexo IV prohíben la descarga

de aguas sucias en el mar dentro de una distancia especificada de la tierra más próxima, a menos que se disponga de otra manera.

La descarga directa de aguas residuales en el mar está prohibida, excepto cuando el buque tenga en funcionamiento una instalación de tratamiento de aguas residuales aprobada o cuando estas han sido desmenuzadas y desinfectadas con un sistema aprobado y se descarguen a una distancia superior a tres millas marinas de la tierra más próxima. Las aguas residuales que no hayan sido tratadas de esta manera se podrán descargar a una distancia superior a doce millas marinas de la tierra más próxima y a un régimen de descarga que habrá sido aprobado por la Administración. (OMI, 2019).



Ilustración 2. Vertido de aguas de un buque
Fuente: Cordis.europa.eu

1.3.4. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR LAS AGUAS SUCIAS DE LOS BUQUES

La contaminación por los buques por aguas residuales es considerada por el vertido a cualquier liberación de contaminantes en fase líquida o sólida que se realiza de forma directa o indirecta sobre el medio marino procedentes de:

- Urinarios e inodoros,
- desagües de lavabos, lavaderos y locales de servicios médicos,
- desagües de espacios donde se transporten animales vivos,
- mezcla de los anteriores.

Los sistemas de vacío son una herramienta esencial para recolectar estas aguas y eliminarlas respetando el medio ambiente.

La descarga en el mar de aguas sucias sin depurar puede presentar riesgos para la salud humana y el ecosistema marino. Además, las aguas negras pueden provocar el agotamiento del oxígeno y una contaminación visual obvia en zonas costeras, lo que supone un serio problema.

Aunque las fuentes principales de aguas sucias producidas por los seres humanos son generadas por actividades terrestres, como las de los alcantarillados o de las instalaciones de tratamiento de aguas sucias, la descarga de aguas sucias en el mar desde los buques también contribuye a la contaminación del mar.

Tabla 1. Resumen de la contaminación por aguas sucias.
(Alarcón, 2019)

| EFFECTOS | DESCRIPCIÓN |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Exceso de Sólidos | <ol style="list-style-type: none"> 1. Turbidez: Menor luz. Alteración de la fotosíntesis. Disminución de oxígeno (anoxia). 2. Vector de contaminación: Algunos contaminantes y/o patógenos son hidrófobos por lo que no se unirán al agua, sino a cualquier partícula. Las partículas son comida de los organismos que quedan contaminados por el consumo de un compuesto que pasa a estar biodisponible. Intrusión en la cadena trófica y alcance de los niveles humanos |
| Salinidad | Alteración de la salinidad, sobre todo en el punto de vertido |
| Nutrientes | Aportación de nitrógeno y fósforo de forma no natural. Afloramientos en algunos sitios y desiertos pesqueros en otros |
| Compuestos Orgánicos | El mar contiene una concentración de Carbono en equilibrio con el medio. Si esta concentración aumenta, se produce un crecimiento masivo de organismos que demandan oxígeno. Por ello, los niveles de oxígeno descienden (muerte y anoxia) |
| Organismos Patógenos | Contaminación biológica y propagación de enfermedades. |
| Microcontaminantes | Compuestos que en muy bajas concentraciones provocan grandes efectos tóxicos |

1.3.5. ORIGEN DE LAS AGUAS DE DESECHOS

Las aguas de desecho se clasifican dependiendo de dónde se originen, como dicta la norma 15749-1 como se explica en la tabla 1.

Tabla 2. Clasificación de las aguas de desechos.
(AENOR, 2005)

| ORIGEN | | Tipos de aguas de desechos |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Achiques sanitarios | | |
| Aseos generales | Bidés, retretes, urinarios | aguas negras |
| | Desagües * | aguas negras o grises |
| Zonas hospitalarias | Todas las unidades de achique (incluyendo las instalaciones de lavabos y baños, así aguas negras como las descargas de los desagües) | aguas negras |
| Lavabos y cuartos de baño | Bañeras, duchas, lavabos, lavamanos, desagües * | aguas grises o negras |
| Cocinas, despensa | Fregaderos, lavaderos, desagües, electrodomésticos | aguas grises |
| Otros espacios | Centrales de aire acondicionado (si hay desagües de agua de condensación sobre cubierta), lavanderías, pasillos, espacios para provisiones refrigeradas, piscinas, jacuzzis | aguas grises |
| (*) Las aguas de desechos procedentes de desagües inmediatamente adyacentes a retretes o urinarios se clasifican como aguas negras. | | |

1.3.6. PROCEDIMIENTO PARA DESCARGAR LAS AGUAS RESIDUALES

El sistema de extracción de aguas grises y negras por vacío es un método comúnmente empleado en aviones comerciales y buques. Su objetivo es favorecer la circulación y recogida efectiva de las aguas residuales generadas a bordo de las embarcaciones.

La planta de tratamiento biológico de aguas residuales al vacío consta de un generador de vacío integrado y una planta de tratamiento biológico de aguas residuales. En la planta de tratamiento de aguas residuales, un proceso aeróbico que convierte las sustancias orgánicas existentes en las aguas residuales en dióxido de carbono y agua sin peligro de producción de gas metano.

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 24 DE 124 |

Todas las aguas residuales, tanto las aguas negras (inodoros, urinarios, hospitales) como las aguas grises (galeras, duchas y lavabos) se pueden tratar en la planta de tratamiento de aguas residuales. La planta de tratamiento puede operar en todos los buques que navegan en áreas de agua salada, salobre o dulce.

Se dispondrá las normativas UNE EN ISO 15749 para realizar el diseño para la instalación siguiendo los apartados 1, 2, 3 y 4 que dictan en referencia a:

- Planificación.
- Estructura del sistema de desagüe.
- Planta de tratamiento de aguas residuales.
- Sistema por vacío.
- Tuberías.
- Trazado de líneas.
- Calculo del sistema de tuberías por vacío.
- Diseño del punto de descarga.

1.3.7. TECNOLOGÍA VANGUARDISTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Las aguas negras de los inodoros, las aguas grises de duchas, lavamanos y desagües, se gestionan mediante un sistema de tratamiento de aguas residuales centralizado a bordo de un buque. Este sistema es completamente vanguardista, incluso en comparación con aquellos que se utilizan en tierra. Utiliza cultivos bacterianos para descomponer los residuos en un biorreactor. El líquido restante, después de pasar por un filtrado exhaustivo, tiene prácticamente la misma calidad que el agua potable. Las aguas residuales purificadas siguen una normativa internacional muy estricta, específica para barcos, así como la normativa alemana para las aguas subterráneas. Una vez que llegan a tierra, pueden ir a parar a ríos o arroyos sin ningún tipo de restricciones y, cuando por fin llegan al mar, tampoco tienen ningún efecto negativo (Bush Iberica S.A., 2019).

1.3.8. TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES

En el mar se utilizan varios tipos de plantas de tratamiento biológico de aguas residuales, pero casi todos trabajan en lo que se denomina proceso de aireación extendida. Básicamente, esto consiste en oxigenar burbujeando aire a través de o agitando la superficie. Al hacerlo, se propaga una familia de bacterias que se nutren del contenido de oxígeno y digieren las aguas residuales para producir un sedimento inocuo. Para que existan, las bacterias necesitan un suministro continuo de oxígeno del aire y desechos de aguas residuales.

Si la planta se apaga o se desvía o si falla el suministro de aire, las bacterias mueren y la planta no puede funcionar correctamente hasta que se genere una nueva colonia de bacterias. Cambio de líquido de lavado (como cuando un barco pasa de un entorno de agua de mar a agua dulce) un cambio drástico de temperatura o el uso excesivo de agentes de limpieza de lavabos también pueden afectar a la colonia de bacterias. El proceso de regeneración puede llevar varios días dependiendo del nivel de daño causado. Las bacterias que prosperan en presencia de oxígeno se dice que son aeróbicas. Cuando el oxígeno no está presente, las bacterias aeróbicas no pueden vivir, pero se genera una familia diferente de bacterias. Se dice que estas bacterias son anaerobias. Si bien son igualmente capaces de descomponer los lodos, al hacerlo generan gases como el sulfuro de hidrógeno y el metano.

El uso continuo de un sistema de alcantarillado biológico después de una falla en el suministro de aire, podría resultar en la propagación de bacterias y procesos anaeróbicos. Los gases producidos por la actividad anaeróbica son peligrosos, siendo inflamables y tóxicos. Las plantas de aireación extendida que se utilizan en el mar son plantas de empaque que consisten básicamente en tres tanques interconectados (Ilustración 3. Planta de tratamiento de aguas residuales Hamworthy.)

El efluente puede triturarse (es decir, pasar a través de un dispositivo que consiste en un tambor giratorio de borde de cuchilla que actúa como filtro y

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 26 DE 124 |

cortador) o simplemente pasar a través de una pantalla de barras desde donde pasa a la primera cámara. El aire se suministra a esta cámara a través de un difusor que rompe el aire en burbujas finas. El aire es forzado a través del difusor por un compresor. Después de un tiempo, se forma un lodo biológico que se dispersa por todo el tanque debido a la agitación causada por el aumento de las burbujas de aire. El líquido del tanque de aireación pasa a un tanque de sedimentación donde, en condiciones de reposo, el lodo activado, como se conoce, se asienta y deja un efluente claro.

No se puede permitir que los lodos activados permanezcan en el tanque de sedimentación ya que no se suministra oxígeno a esta área y en muy poco tiempo los lodos recolectados se volverán anaeróbicos y emitirán olores ofensivos. Por lo tanto, el lodo se recicla continuamente al tanque de aireación donde se mezcla con los residuos entrantes para ayudar en el proceso de tratamiento. Durante un período de tiempo, la cantidad de lodo en un tanque de aireación aumenta debido a la recolección de residuos inertes resultantes del proceso de digestión, esta acumulación en lodo se mide en ppm o mg/litro, la tasa de aumento es una función del tamaño del tanque.

La operación de desludado implica bombear alrededor de tres cuartas partes del contenido del tanque de aireación y rellenar con agua limpia. El efluente transparente descargado de un tanque de sedimentación debe desinfectarse para reducir el número de coliformes a un nivel aceptable. La desinfección se logra al tratar el efluente limpio con una solución de hipoclorito de calcio o sodio, que generalmente se lleva a cabo en un tanque o compartimiento en el extremo de la unidad de tratamiento de aguas residuales.

El clorinador que se muestra en la ilustración 3, utiliza tabletas de hipoclorito de calcio retenidas en tubos de PVC perforados alrededor de los cuales fluye el efluente limpio, disolviendo parte del material de la tableta mientras lo hace. El efluente tratado se mantiene luego en el tanque de recolección durante 60 minutos para permitir que se complete el proceso de

desinfección. En algunas plantas la desinfección se realiza mediante radiación ultravioleta. (General Cargo Ship.com, 2016).

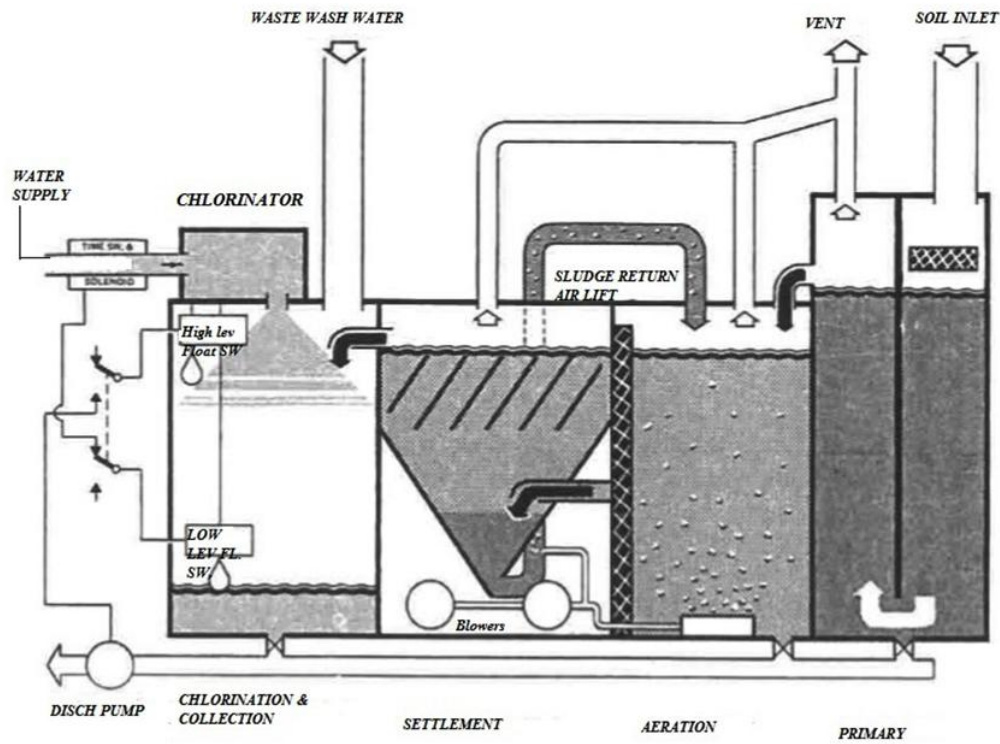


Ilustración 3. Planta de tratamiento de aguas residuales Hamworthy. (General Cargo Ship.com, 2016)

1.3.9. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE GRAVEDAD EN COMPARACIÓN CON EL SISTEMA POR VACÍO

Al querer modificar o sustituir un sistema, hay que plantearse si es conveniente realizarlo, o que equipo hay que utilizar para realizar la mejora del sistema.

Al instalar un sistema de tratamiento de aguas residuales, hay que plantear cuales son las ventajas y desventajas que pueda repercutir en referencia a mantenimiento, deterioro de los componentes, costes de materiales por los daños que sufren por desgaste y/o corrosión, y el consumo por el uso de los equipos.

Las ventajas que podemos mencionar para un sistema por gravedad es el precio de sus equipos en comparación con los que funciona por vacío. El funcionamiento del sistema por gravedad se basa en su diseño y

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 28 DE 124 |

construcción, no necesita ningún equipo adicional para transportar las aguas residuales hasta su destino, la planta séptica.

La desventaja de este sistema es el alto consumo de agua que requiere para su funcionamiento en comparación del funcionamiento por vacío. El funcionamiento de un inodoro requiere generalmente una media 10 y 15 litros de agua por cada evacuación en comparación de un litro aproximado que necesita un inodoro que funciona por vacío.

En los buques que sustituyen el agua dulce por agua salada para el funcionamiento de los inodoros, ahorran en el consumo del agua dulce, pero con el inconveniente que el tiempo de vida de los equipos sufren un alto deterioro por corrosión, llevando así un aumento en los costes de mantenimiento de los equipos que componen el sistema de aguas negras.

Otro gran inconveniente al utilizar el agua salada en los sistemas sanitarios, es la poca efectividad para el tratamiento de las aguas negras. El agua salada no es recomendable para el tratamiento de las aguas negras, ya que las bacterias que se encargan de descomponer las heces fecales, se destruyen, dejando ser ineficaz el tratamiento biológico de las aguas negras.

1.3.10. PROBLEMAS RESULTANTES DE LA RETENCIÓN DE AGUAS RESIDUALES SIN TRATAR

La descomposición de las aguas residuales crudas en el agua se efectúa por bacterias aeróbicas, siempre que haya una presencia relativamente amplia de oxígeno para alimentar las bacterias. En otras palabras, la bacteria anaeróbica le afecta si se ha agotado el oxígeno.

Cuando la cantidad de aguas residuales con relación al agua es pequeña, el oxígeno disuelto en el agua ayudará a una acción bioquímica (aeróbica) que descompone las aguas residuales en componentes simples y limpios y dióxido de carbono. Este tipo de acción se produce en una planta de tratamiento biológico de aguas residuales en la que se burbujea aire (con un contenido de 21% de oxígeno) para mantener las bacterias aeróbicas.

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 29 DE 124 |

En un tanque de retención, si se almacenan aguas residuales sin tratar, las bacterias se convierten en un aeróbico debido al pobre suministro de oxígeno que crea lodos negros tóxicos y gases explosivos que crean peligro para la vida del personal que trabaja cerca, en algunos casos, también podrían explotar debido a la acumulación excesiva de metano si se introduce una chispa o una fuente de calor.

1.3.11. REQUISITOS HIGIÉNICOS Y MEDIO AMBIENTALES

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano. Por eso es importante tomar en consideración los olores y ruidos que puedan generar la planta de tratamiento del buque.

Investigaciones recientes muestran que muy pocas plantas de tratamiento biológico a bordo producen descargas de efluentes que se encuentran dentro de los límites reglamentarios de la Guardia Costera de EEUU y la OMI.

Algunos sistemas de vacío pueden crear condiciones que pueden obstaculizar seriamente el proceso de tratamiento biológico debido al largo tiempo de retención en los tanques de retención sin aireación. Sin embargo, una práctica común es recolectar agua negra en tanques de retención intermedios que luego se transfieren en lotes a la planta de tratamiento. En los cruceros, tales tanques suelen tener unos 10 m³ y los tiempos de retención pueden alcanzar las 12 horas. En tales circunstancias, es probable que ocurran condiciones anaeróbicas con el crecimiento de microorganismos indeseables y la formación de lodos, aunque este no es el caso con los sistemas eyectores.

Otro problema pueden ser las sobrecargas cuando se transfiere un lote demasiado grande de aguas negras a la planta de tratamiento después de un largo tiempo en el tanque de retención. Esto produce molestias frecuentes e instantáneas en el proceso de tratamiento debido a las cargas que pueden transportar lodos con un contenido anaeróbico muy alto. Sin

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 30 DE 124 |

embargo, un sistema de automatización moderno, que a menudo se instala a bordo de buques, es una forma eficiente de controlar la distribución de aguas residuales en pequeños lotes a la planta de tratamiento a bordo.

1.3.12. REDUCCIÓN DE RUIDOS Y OLORES

La planta debe ser diseñada y construida con una ventilación necesaria para que no cause molestia por los malos olores, y de forma que realice el mínimo ruido posible, evitando que se produzca una transmisión de ruidos a través de la misma.

1.3.13. CONSIDERACIONES HIGIÉNICAS

El Trazado de las líneas las aguas negras y grises se deben conducir separadamente, construyendo por separado sus propios sistemas de líneas de achique.

Las descargas de las aguas de desecho en la planta de tratamiento cumplirán con los requisitos indicados por el fabricante de las mismas.

1.3.14. PRINCIPIOS BÁSICOS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ACHIQUE DE AGUAS RESIDUALES POR VACÍO EN UN BUQUE

El propósito de la instalación de un nuevo equipo de tratamiento de aguas residuales, es el generar un circuito de vacío en los colectores de aguas negras para tratarlas, desinfectarlas y descargarlas automáticamente según criterios y recomendaciones de las administraciones nacionales e internacionales.

El sistema de aguas residuales conecta los inodoros y otros sanitarios hasta una planta generadora de vacío en el sistema. El vacío se crea haciendo pasar las aguas residuales a través de una serie de eyectores instalados, en la mayoría, en la propia planta de vacío.

El funcionamiento es sencillo, los inodoros (aguas negras) se conectan directamente a una tubería con vacío, cuando se activa el pulsador de succión, una válvula de descarga se abre durante un breve espacio de tiempo y se produce la extracción (en cada descarga se emplea entre 0,6 y

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 31 DE 124 |

1,2 litros de agua aproximadamente, dependiendo del fabricante y modelo del equipo). Por otra parte, los lavamanos, duchas y urinarios, son drenados por gravedad a unidades intermedias compuestas por un pequeño tanque conectado al sistema de tuberías de vacío a través de una válvula de descarga que se abre automáticamente cuando el volumen de líquido alcanza un determinado nivel.

1.3.15. PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El agua de desecho se transporta a través de la tubería utilizando la gravedad o un vacío, y fluye a través de la entrada de aguas residuales **(01)** hacia cámara de tratamiento previo **(11)**, donde se realiza una sedimentación intensiva y un tratamiento previo con oxígeno, un suministro continuo del cual es realizado por un ventilador **(04)**. El sistema se ventila hacia la cubierta abierta a través del sistema de ventilación.

El agua pre-tratada fluye a través de un desbordamiento especial hacia la cámara de tratamiento **(09)** que contiene el lecho fijo sumergido, que se encuentra en el centro del sistema. Las aguas residuales a tratar deben circular a través de este lecho. Burbujas finas de aire son introducidas por un dispersador especial que mantienen las aguas residuales en suspensión y excitan los microorganismos en la superficie del lecho fijo en una actividad extrema, causando una degradación aeróbica-biológica casi completa de la masa fecal. El lodo activado restante se devuelve a la cámara de pre-tratamiento mediante un sifón de lodo y continúa sirviendo como una biomasa activa dentro del sistema.

Las aguas residuales limpiadas biológicamente se envían a la cámara de desinfección **(06)** a través de una tubería ascendente. Se agrega desinfectante a través de la bomba dosificadora **(07)**, que elimina los gérmenes y las bacterias. Cuando se alcanza el nivel máximo de llenado, el sensor de nivel **(05)** activa la bomba de descarga **(08)**, que vacía el depósito hasta un nivel mínimo especificado.(DVZ Group, 2019)

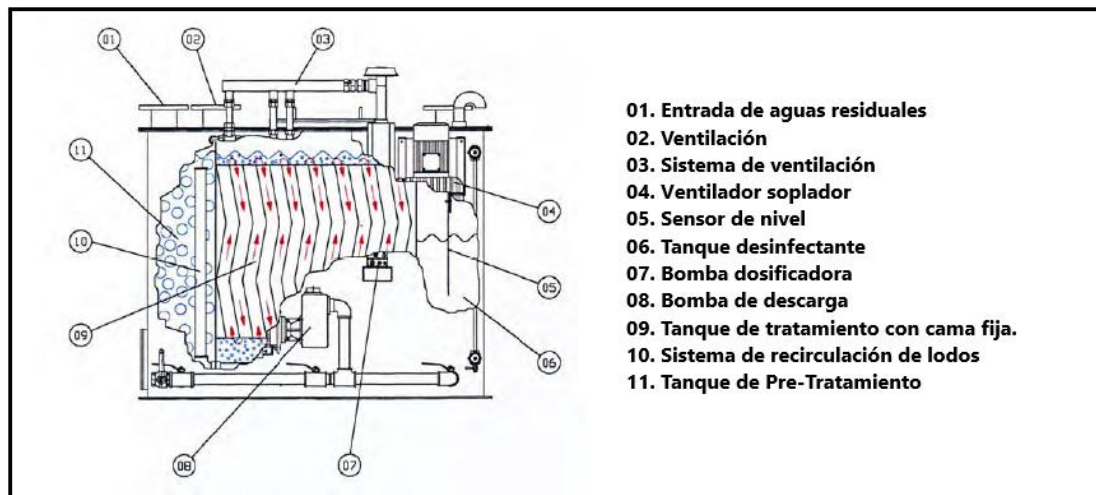


Ilustración 4. Principio de operación de una planta biológica.
(DVZ Group, 2019)

1.4. NORMAS Y REFERENCIAS

1.4.1. NORMAS

UNE 157001 (2014). Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.

UNE-EN ISO 15749-1: Embarcaciones y tecnología marina. Sistemas de desagüe en barcos y estructuras marinas. Parte 1: Diseño del sistema de desagüe sanitario.

UNE-EN ISO 15749-2: Embarcaciones y tecnología marina. Sistemas de desagüe en barcos y estructuras marinas. Parte 2: Desagüe sanitario, tuberías de desagüe para sistemas por gravedad.

UNE-EN ISO 15749-3: Embarcaciones y tecnología marina. Sistemas de desagüe en barcos y estructuras marinas. Parte 3: Desagüe sanitario, tuberías de desagüe para sistemas por vacío.

UNE-EN ISO 15749-4: Embarcaciones y tecnología marina. Sistemas de desagüe en barcos y estructuras marinas. Parte 4: Desagüe sanitario, tuberías para la evacuación de aguas residuales.

MARPOL Anexo IV: Prevención de la contaminación por aguas sucias de los buques.

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 33 DE 124 |

1.4.2. REFERENCIAS

AENOR. (2004). Embarcaciones y tecnología marina. Sistemas de desagüe en barcos y estructuras marinas. *Parte 4: Desagüe sanitario, tuberías para la evacuación de aguas residuales. UNE-EN ISO 15749-4* . Madrid, España.

AENOR. (2005). Embarcaciones y tecnología marina. Sistemas de desagüe en barcos y estructuras marinas. *Parte 1: Diseño del sistema de desagüe sanitario. ISO 15749-1:2004* . Madrid, España.

AENOR. (2006). Embarcaciones y tecnología marina. Sistemas de desagüe en barcos y estructuras marinas. *Parte 3: Desagüe sanitario, tuberías de desagüe para sistemas. UNE-EN ISO 15749-3* . Madrid, España.

Alarcón, I. (2019). *El Buque como Fuente de Contaminantes*. . Recuperado el 21 de diciembre de 2019, de Ingeniero Marino: <https://ingenieromarino.com/el-buque-como-fuente-de-contaminantes/>

AQUAMAR. (2019). *AQUAMAR*. Recuperado el Julio de 2019, de www.aquamar-servicios.es

Balearia. (2018). Manual de Gestión de Seguridad. *Cap 7.- Elaboración de Planes para las Operaciones de a bordo. Descarga de residuos y basuras* . Denia, España.

Bush Iberica S.A. (2019). *Bush Bombas y Sistemas de Vacío*. Recuperado el Junio de 2019, de <https://www.buschvacuum.com/es>

Diesel Ship. (2019). *Diesel Ship.com*. Recuperado el junio de 2019, de <https://dieselship.com/marine-technical-articles/marine-engineering-knowledge-general/vacuum-sewage-system-2/>

DVZ Group. (2019). *DVZ SERVICES*. Recuperado el Junio de 2019, de www.dvz-services.de

EVAC. (2017). Recuperado el Junio de 2019, de <https://evac.com/marine/>

General Cargo Ship.com. (2016). Recuperado el 2019, de <http://generalcargoship.com/biological-sewage-treatment.html>

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 34 DE 124 |

Jets Vacuum SA. (2006). Vacuum Toilet System. *The Jets Sanitary Systems. Manual Instruction* . Hareid, Norway.

Marine Engineering Study Materials. (2014). *Marine Engineering Online*. Recuperado el Agosto de 2019, de <https://marineengineeringonline.com/biological-vacuum-sewage-treatment-plant-on-ships/>

New Mexico State University. (2017). *College of Agricultural, Consumer, and Environmental Sciences*. Recuperado el Julio de 2019, de Safe Use of Household Greywater: https://aces.nmsu.edu/pubs/_m/M106/

OMI. (2019). *Prevención de la contaminación por las aguas sucias de los buques*. Recuperado el Junio de 2019, de <http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/PollutionPrevention/Sewage/Paginas/Default.aspx>

wiseGEEK. (2019). *wiseGEEK, clear answers for common question*. Recuperado el Julio, de What is a Macerator Pump?: <https://www.wisegeek.com/what-is-a-macerator-pump.htm>

1.5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Grupo hidróforo: Es un equipo compuesto por una bomba, (normalmente centrífuga), un depósito acumulador, un presostato y un cuadro eléctrico que generalmente se utilizan en los sistemas de agua dulce para mantener todo el circuito de agua con la presión adecuada, para así poder suministrar agua potable a las distintas partes y alturas de la instalación para el uso que sea necesario. Están diseñados para almacenar y dar suministro de agua a una presión de 4 a 6 bares. (AQUAMAR, 2019)

Descarga de residuos: Traslado de los residuos, lodos, etc., desde el lugar de almacenamiento a bordo a una gabarra, instalación o camión receptor, con las debidas garantías de seguridad y de protección al medio ambiente.(Balearia, 2018)

Zona especial: Extensión de mar en la que, por razones técnicas reconocidas en relación con sus condiciones oceanográficas y ecológicas y el carácter particular de su tráfico marítimo, se hace necesario adoptar procedimientos especiales obligatorios para prevenir la contaminación del mar. (Balearia, 2018)

Tierra más próxima: Desde la línea base a partir de la cual queda establecido el mar territorial del territorio de que se trate, de conformidad con el derecho internacional. (Balearia, 2018)

Aguas grises: Son aguas sucias que provienen del uso doméstico, tales como el lavado de utensilios y de ropa así como el baño de las personas. (New Mexico State University, 2017)

Aguas negras: Aguas de desecho procedentes de retretes, urinarios y bidés, incluyendo aditivos; de zonas médicas (farmacia, hospital, etc.) y de lavabos, bañeras y descargas de agua de estas áreas; de espacios en los que habiten animales vivos y de otros tipos de aguas de desecho, si se mezclan con las aguas contaminadas que se han mencionado. (AENOR, 2005)

Aguas de desecho: Aguas no corrientes que han sufrido cambios debido a su uso, como por ejemplo aguas negras (aguas contaminadas), aguas de lluvia, aguas de mar y aguas de condensación que han alcanzado las líneas de achique. (AENOR, 2005)

Línea de achique: Término general que se aplica a todas las tuberías que transportan aguas de desecho (sistemas de gravedad o de vacío) del sistema de achique sanitario, conduciéndolas desde los desagües al tanque colector o a la planta de tratamiento de aguas negras. (AENOR, 2005)

Línea de conexión: (sistema de vacío) tubería corta que une directamente el desagüe de la unidad a achicar con la válvula de control de vacío. (AENOR, 2005)

Desagüe: Vía abierta por la que las aguas de desecho se vierten, recogen y descargan en el sistema de achique. (AENOR, 2005)

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 36 DE 124 |

Planta de tratamiento de aguas negras: Equipo que se utiliza para purificar y desinfectar las aguas negras que se introducen en la misma. (AENOR, 2005)

Tanque colector: Tanque utilizado para el almacenamiento temporal de las aguas de desecho no tratadas. (AENOR, 2005)

Tanque intermedio: Tanque en el que se recogen las aguas de desecho procedentes de las líneas de achique y posteriormente pasan, vía una línea de presión, a un tanque colector o a una planta de tratamiento de aguas negras. (AENOR, 2005)

Planta generadora de vacío: Planta para la generación del vacío necesario para transportar las aguas de desecho procedentes de los desagües a través de las líneas de achique. (AENOR, 2005)

Punto de descarga: Punto en donde terminan las tuberías de recogida de aguas negras y se traspasan las aguas de desecho fuera del buque, como por ejemplo una salida de descarga al exterior de las aguas de desecho en el costado, o salidas para descarga a una unidad externa de recogida. (AENOR, 2005)

Dispositivo de cierre: Dispositivo colocado en la tubería que previene que el agua entre en el interior del buque desde el exterior. (AENOR, 2005)

Reflujo: Es cuando las aguas residuales de las tuberías superiores fluyen de regreso a la tubería ascendente conectada al inodoro. (Jets Vacuum SA, 2006)

Bomba maceradora: Máquina provista con un mecanismo que tritura los desechos sólidos del inodoro en pequeñas partículas, para facilitar la descarga, ya sea por la borda en el caso de aplicaciones marinas o en tanques de retención. (wiseGEEK, 2019)

1.6. REQUISITOS DE DISEÑO

En la actualidad, el buque dispone de un sistema de achique de las aguas residuales de funcionamiento por gravedad. El sistema de aguas negras utiliza en los dispositivos para su funcionamiento agua de mar para la evacuación de los desechos y el lavado de los inodoros y urinarios. En caso de necesidad, se puede utilizar el agua dulce almacenada del buque que se utiliza en los lavabos para el funcionamiento del sistema sanitario.

Las aguas residuales son transportadas a través de unas tuberías dispuestas en los espacios entre la cubierta del casco 1 y 2, a través de unas perforaciones entre ellas. En la cubierta 1, las tuberías están fijadas en los techos entre ambas cubiertas, hasta dos tramos de tuberías de aguas negras y dos tramos de tuberías para aguas grises que desciende a cada casco en babor y estribor. En cada costado está dispuesto un tanque colector para almacenar las aguas residuales provenientes del achique. Para realizar la descarga, existen dos formas:

- Por descarga directa al mar a través de las bombas maceradoras (ubicada una a cada costado en cada casco en los espacios vacíos) para realizar la descarga a partir de 3 millas marinas cumpliendo la legislación y las normas de descarga de desechos.
- Por descarga directa desde la descarga del tanque colector, por acción de la gravedad, a la descarga en el casco. Este sistema es realizado en caso de avería de la bomba maceradora, cumpliendo con la normativa de a partir de 12 millas marinas de lo más cercano a las costas.
- Por descarga a las tomas de descarga de aguas negras en cubierta, ubicadas en cada costados del buque, a través de estaciones en tierra o camiones cisterna destinados a este tipo de producto.



Ilustración 5. Tanque Colector y descarga al mar Jaime I
Fuente: Foto propia (2018)

1.6.1. COMPOSICIÓN DEL SISTEMA SANITARIO DEL BUQUE

El buque dispone de los siguientes equipos para el funcionamiento del sistema de recogida de aguas residuales:

- 02 tanques colectores para el almacén de aguas residuales situados en cada costado del buque, situado en el interior de los espacios vacíos N° 4 Br y N° 4 Er, con una capacidad de 2.000 litros cada uno.
- 01 tanque de almacén de agua dulce, con una capacidad de 5.000 litros.
- 02 bombas de maceradoras para realizar la descarga de aguas residuales, situadas en cada costado.
- 02 grupos de hidróforo de agua salada, situados en el espacio de máquinas de proa babor.
- 02 grupo de hidróforo de agua dulce situadas en el espacio vacío N° 4 Er.

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 39 DE 124 |

- Sistema de líneas de tuberías destinadas para el transporte y drenaje de las aguas negras y aguas grises por la acción de la gravedad hasta los tanques de aguas residuales.

1.6.2. ESPACIOS DE USO SANITARIO DEL BUQUE

En la cubierta N° 2 y N° 3 del buque está destinada para uso y disfrute del pasaje teniendo a disposición:

- 01 Aseos para señoras con 10 Inodoro y 04 lavamanos, ubicados en cubierta N° 2 Er.
- 01 Aseos de caballeros con 05 Inodoro, 06 urinarios y 04 lavamanos, ubicados en cubierta N° 2 Br.
- 01 Aseo de minusválidos con 01 Inodoro y 01 lavamanos, ubicado en cubierta N° 2 Br.
- 01 Baño para la tripulación con 01 Inodoro, 01 ducha y 01 lavamanos, ubicado en proa estribor.

1.6.3. ESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA SANITARIO DEL BUQUE

La finalidad de un sistema de desagüe es la de conducir las aguas residuales sin causar molestias, humedades, ruidos, ni malos olores a los pasajeros y la tripulación. Las aguas que provienen de desechos se transportaran por vacío desde los desagües a través de las líneas y ramales de tuberías hasta la planta de tratamiento de aguas residuales.

El sistema de aguas residuales constará de los siguientes componentes:

- Plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Líneas de achique.
- Líneas de ventilación.
- Unidad generadora de vacío para las líneas de achique.
- Línea de descarga de aguas negras.

Las tuberías, codos, accesorios y demás componentes del sistema deben ser resistentes a aguas de desecho agresivas y a sus sustancias corrosivas.

1.6.4. PLANTA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES

La planta de tratamiento biológico de aguas residuales es totalmente automática en funcionamiento normal y requiere poco mantenimiento. Estas plantas están diseñadas para cumplir con los requisitos de IMO MARPOL 73/78 Anexo IV y USCG 33 CFR Parte 159 para buques inspeccionados que especifican aguas residuales descargadas de las plantas de tratamiento.

La calidad del efluente es la siguiente (Marine Engineering Study Materials, 2014):

- DBO5 <50 ppm
- Sólidos suspendidos <50 ppm (probado en tierra) o 100 ppm (probado a bordo del barco)
- Coliformes fecales <250 piezas / 100 ml M. P. N.

La figura a continuación muestra la planta de tratamiento de aguas residuales que normalmente se utiliza en los buques.

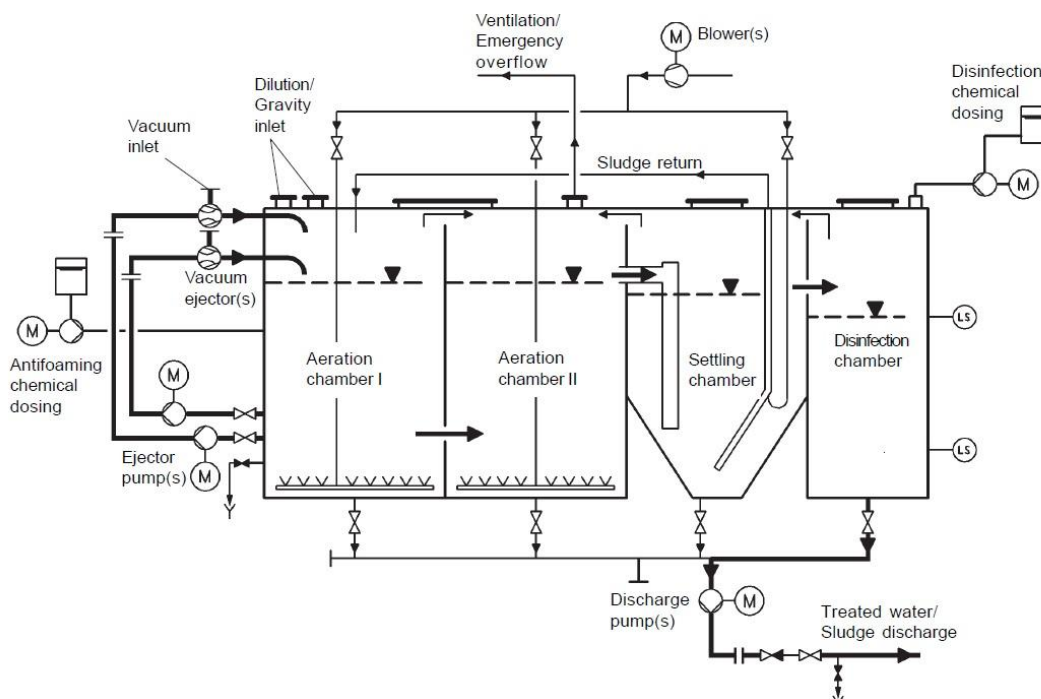


Ilustración 6. Planta de tratamiento de aguas residuales
(Marine Engineering Study Materials, 2014)

Desechar las aguas residuales producidas a bordo de un buque es una de las pocas tareas de las que hay que prestar la máxima atención. Las aguas

residuales generadas en el buque no pueden almacenarse durante mucho tiempo y, por esta razón, deben descargarse en el mar.

Aunque las aguas residuales pueden ser vertidas al mar, no podemos verterlas directamente por la borda, por las normas relativas a la descarga de aguas residuales que hay que seguir. Las aguas residuales en el mar son generalmente los residuos producidos por los inodoros y urinarios. Las reglas dicen que las aguas residuales pueden ser descargadas en el agua de mar sólo después de haber sido tratadas y la distancia del buque es a partir de 3 millas náuticas desde la tierra más cercana.



Ilustración 7. Planta de tratamiento de aguas negras (Buque Passió per Formentera).
Fuente: Foto propia (2019)

Pero si las aguas residuales no son tratadas, pueden ser descargadas a partir de las 12 millas náuticas de la tierra más cercana. Además, las aguas residuales descargadas no deben producir ningún sólido flotante visible ni causar ninguna decoloración del agua circundante. Los detalles de las regulaciones de descarga de aguas residuales se pueden encontrar en el Anexo IV de MARPOL.

1.6.4.1. ESTACIÓN GENERADORA DE VACÍO

El vacío es creado por bombas especialmente diseñadas que están conectadas a un colector de vacío que funciona continuamente hasta que se alcanza el punto de ajuste de vacío en el colector.

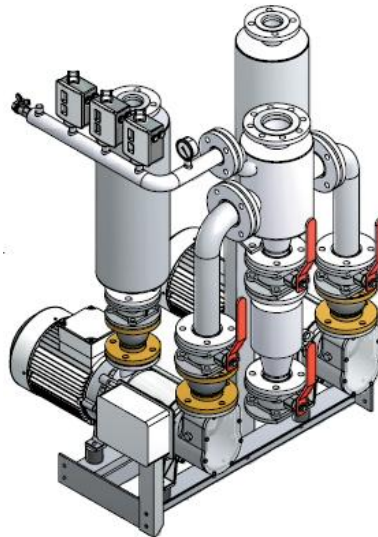


Ilustración 8. Unidad Modular de Vacío.
(Jets Vacuum SA, 2006)

En el sistema de vacío de doble etapa, la mezcla de aire y aguas residuales se divide en fases separadas, debido a que cada fase se maneja con una bomba independiente en lugar de hacerlo con bombas comunes no optimizadas para ambas fases, así el sistema es mucho más eficiente.



Ilustración 9. Unidad de generación de vacío de doble etapa en línea.
(EVAC, 2017)

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 43 DE 124 |

En algunos diseños, las bombas maceradoras bombean el contenido a través de un eyector que crea vacío para los inodoros en lugar de bombas de vacío.

1.6.4.2. BOMBA DE VACÍO CON MACERADORA

La bomba de tornillo de tipo maceradora es la última innovación del sistema séptico al vacío y es fabricada por Jets Sanitary Systems, una compañía establecida en 1986.

Este diseño es una bomba helicoidal con un triturador incorporado. El principio de funcionamiento es un rotor helicoidal que funciona en una carcasa cilíndrica, que junto con dos placas de extremo forma el cuerpo de la bomba.

Cuando la bomba está en funcionamiento, se crea un anillo líquido alrededor del rotor. La profundidad del anillo líquido se rige por el tamaño de la abertura en la placa final en el lado de presión. Esta abertura está dispuesta de modo que el anillo líquido creado toque el cubo del rotor en un lado y las puntas del rotor en el otro. Esta disposición crea una serie de cavidades progresivas en forma de media luna que viajan desde el lado de succión al lado de presión. El aire, las aguas residuales se introducen en esas cavidades y se transportan a través de la bomba.

Las aguas residuales son maceradas por el triturador incorporado antes de ingresar al cuerpo de la bomba. El triturador consiste en una cuchilla giratoria fijada al eje y una cuchilla fija a la cámara de succión.

A fin de proporcionar suficiente líquido de sellado en el momento de arrancada de la bomba, y asegurando así el cebado inicial de la bomba de tornillo, un depósito para líquido de sellado está montado en el tubo de salida de la bomba.

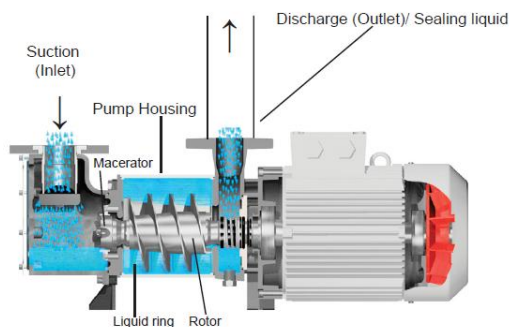


Ilustración 10. Bomba de Vacío con Maceradora.
(Jets Vacuum SA, 2006)

1.6.5. ELECCIÓN DE RAMALES

El sistema de tuberías construido se diseñará de manera óptima para contener poca cantidad de agua como sea posible durante el funcionamiento ordinario. Esto se logra haciendo que los tubos horizontales sean lo más cortos y con la menor cantidad de codos posible. Las tuberías de recogida y tuberías principales horizontales se colocarán de manera que los ramales sean lo más cortos posible.

1.6.6. SECCIONES DE TUBERÍAS PARA MANTENIMIENTO

Al decidir el número de tuberías principales desde la unidad de generación de vacío a los puntos de bifurcación, se considerará el número de inodoros, la cantidad de cubiertas y la necesidad de secciones para el mantenimiento. Cada tubería principal debe instalarse con una válvula de cierre hacia el colector de la unidad generadora de vacío.

1.6.7. INFLUENCIA DEL ASIENTO Y LA ESCORA DEL BUQUE

Los buques de pasaje y cruceros, generalmente tienen largos corredores y, por lo tanto, uno puede verse tentado a conectar muchos inodoros a cada rama horizontal de la tubería. Estas tuberías horizontales contendrán más agua de lo que es deseable, y esto aumentará el riesgo de "reflujo". Además, muchos sifones de transporte reducirán el nivel de vacío en el extremo de cada ramal.

En ciertos períodos los aseos del pasaje tendrán una alta frecuencia de descarga. Esto también debe tenerse en cuenta al elegir los ramales. El

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 45 DE 124 |

riesgo de obstrucción de las tuberías es alto, y la ubicación de los puntos de limpieza es importante. Las válvulas de cierre deben instalarse en las secciones para asegurar la menor cantidad posible de inodoros fuera de servicio en caso de interrupciones o reparaciones.

En las embarcaciones de pasajeros más pequeños, como es en nuestro proyecto, con un alto número de pasajeros en períodos y un número relativamente bajo de inodoros, todos los inodoros con frecuencia se vaciarán simultáneamente. En estos casos es vital calcular la capacidad de generación de vacío así como el depósito de vacío de acuerdo con la descarga simultánea de inodoros. Si es necesario, se debe instalar un tanque de acumulación de vacío adicional para aumentar el depósito de vacío.

Debido al riesgo de bajo nivel de vacío durante la carga alta de operación, las tuberías de los inodoros deben tener una dirección hacia abajo, y las ramas horizontales deben instalarse más abajo que el nivel del inodoro.

1.6.8. LÍNEAS DE ACHIQUE POR VACÍO

Al diseñar la instalación por vacío, es importante tomar en cuenta el disponer del espacio suficiente para la inspección y el mantenimiento de la instalación.

La unidad de generación de vacío crea vacío en la tubería de aguas residuales por medio de un eyector. La unidad de generación de vacío consta de eyector, bombas eyectoras, presostatos, manómetro de vacío, válvulas de cierre y unidad de dosificación antiespumante. La generación de vacío (arranque y paradas de las bombas) es controlada por presostatos.

1.6.8.1. DESCRIPCIÓN DE LAS LÍNEAS DE ACHIQUE POR VACÍO

La red de tuberías utiliza el vacío para transportar las aguas residuales de los inodoros y urinarios a las unidades de recolección. Para mantener el vacío en el circuito del sistema, este está cerrado todo el tiempo, excepto durante la descarga del inodoro. Cuando se descarga el inodoro, su válvula de descarga abre la conexión a la red de tuberías de vacío durante unos

segundos preestablecidos y el contenido del recipiente se evacuará. En el momento que las aguas residuales son evacuadas, el agua es suministrada en poca cantidad por las boquillas de rociado, y pocos litros de aire extraídos durante el proceso de lavado, que empujan el tapón de aguas residuales hacia adelante en el sistema de tuberías, siempre que la válvula de descarga permanezca abierta.

Cada inodoro está conectado directo a la tubería de vacío, y los urinarios se recolectan en un tanque local que se activa mediante un flotador a medida que aumenta el nivel.

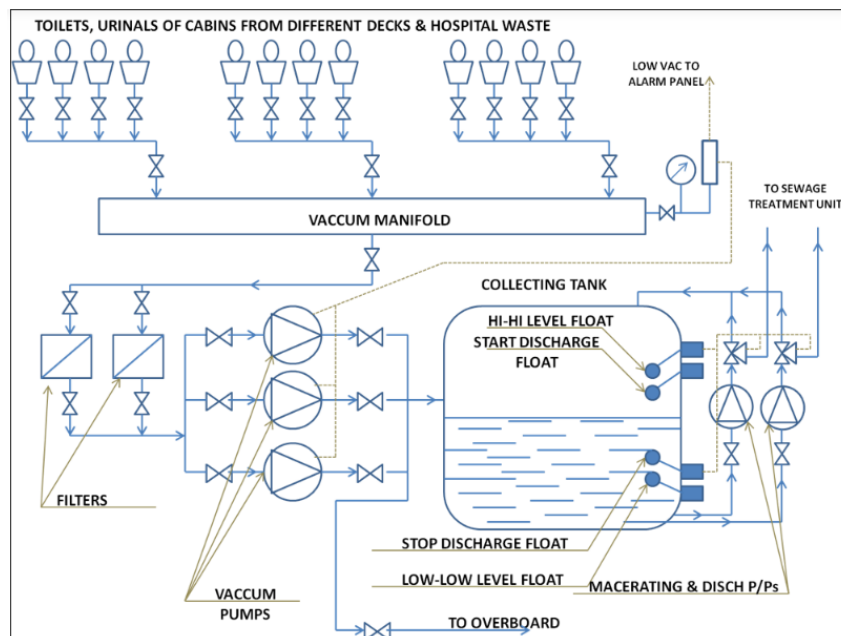


Ilustración 11. Circuito sistema por vacío.
(Diesel Ship, 2019)

1.6.8.2. VENTAJAS DEL SISTEMA DE ACHIQUE POR VACÍO

Una de las principales ventajas de este sistema es que se requiere muy poca agua de descarga y el volumen de aguas residuales tratadas puede reducirse mucho con la reducción del tamaño del equipo relevante y el ahorro de costos. Este sistema se ha hecho muy popular para los buques de pasajeros. Las regulaciones de Lloyd establecen que la capacidad de un sistema de recolección para el lavado de agua con una planta convencional es de 115 litros / persona / día y 15 litros para los sistemas de vacío.

1.6.8.3. DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE ACHIQUE POR VACÍO

La principal desventaja que presenta este sistema es el bloqueo debido al secado y la cristalización de la urea. Durante un período de tiempo, esto puede ser tan grave como para bloquear completamente las tuberías. En el mercado hay sustancias químicas que se pueden agregar en dosis muy pequeñas que ayudan a eliminar y prevenir estos depósitos.

1.6.9. DISPOSITIVOS CON FUNCIONAMIENTO POR VACÍO

Los proveedores más grande de sistemas de por vacío en el mercado marítimo es la compañía finlandesa EVAC y la compañía noruega JETS VACUUM.

En 1975, la compañía EVAC introdujo en el mercado un sistema que se basa en un eyector de aguas residuales alimentado por una bomba centrífuga. El agua residual se bombea a través de una boquilla expulsora y vuelve a un tanque colector atmosférico hasta que se abre una válvula de descarga y se descarga el agua para su posterior tratamiento. Este sistema con eyectores es ahora la solución más común para nuevas construcciones de buques.

1.6.9.1. INODOROS CON FUNCIONAMIENTO POR VACÍO

El inodoro está equipado con un mecanismo de control operado al vacío, con bajo consumo de agua, lavado y descarga confiable.

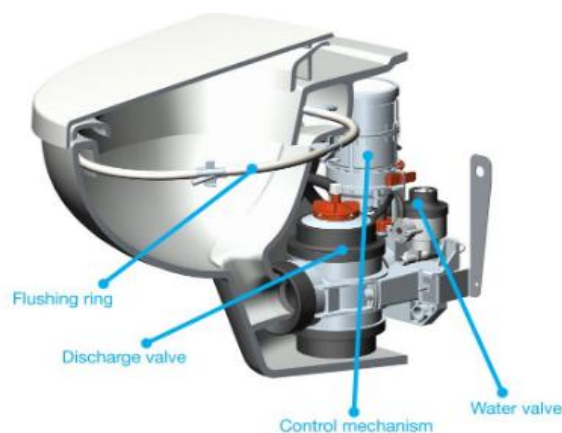


Ilustración 12. Inodoro con funcionamiento por vacío.
(EVAC, 2017)

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 48 DE 124 |

1.6.9.1.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Al presionar el botón de descarga, se envía un pulso de aire al mecanismo de control que conecta el vacío con el agua y las válvulas de descarga. La válvula de agua se abre y permite que el agua de enjuague fluya hacia el recipiente a través del anillo de lavado. Después de un breve retraso, la válvula de descarga se abre y el contenido de la taza se descarga en la tubería de desagüe de vacío. El mecanismo de control cierra la válvula de descarga y, luego de un breve retraso, cierra la válvula de agua. El cierre retardado de la válvula de agua garantiza que quede una pequeña cantidad de agua en el fondo del recipiente. El inodoro queda inmediatamente listo para la próxima descarga.

1.6.9.2. URINARIO CON ACCIONAMIENTO POR VACÍO INTEGRADO

Estos dispositivos sanitarios, anteriormente, no disponían de mecanismos integrados de vacío y, por lo tanto, se debían colocar a un tanque interfaz con mecanismo de accionamiento por vacío conectado a través de líneas de achique.

En la actualidad, la compañía EVAC ya ha fabricado un diseño de urinario compacto que utiliza un mecanismo de vacío integrado en el recipiente, en lugar de utilizar en la línea de desagüe un tanque de interfaz de vacío. Su funcionamiento puede ser de forma automática, o con descarga accionada por pulsador; así como en versiones que no utilizan agua.

Su principio de funcionamiento es similar al de los inodoros siendo mucho más eficiente que el de los urinarios con funcionamiento por gravedad tradicionales, lo que significa que toda el agua se cambia por completo en el proceso de descarga, mientras que la versión sin agua elimina la orina por completo. Otra de las eficiencias del diseño de urinario es que no necesita un bloque desodorizante, ya que se eliminan las huellas y los olores de la orina.



Ilustración 13. Urinario de accionamiento por vacío integrado.
(EVAC, 2017)

1.6.9.3. TANQUE INTERFAZ DE AGUAS GRISES

Normalmente, se deben conducir las aguas grises en tuberías de gravedad separadas a la planta de tratamiento de aguas residuales o al tanque colector, en los casos en los que las aguas grises se deben conectar al sistema de vacío del buque, esto se puede hacer instalando un tanque con válvula interfaz al sistema de vacío.

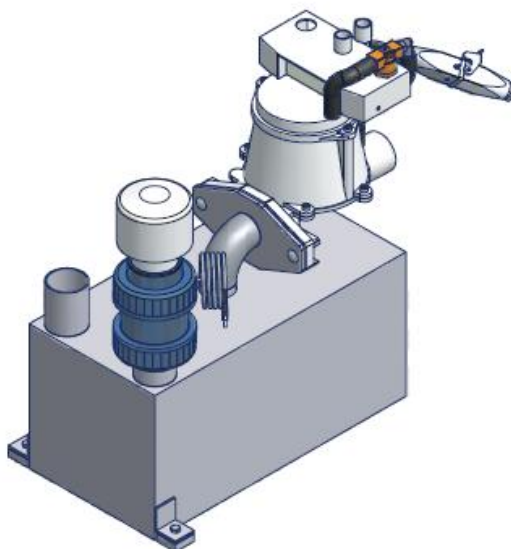


Ilustración 14. Tanque interfaz de Aguas Grises.
(Jets Vacuum SA, 2006)



Ilustración 15. Tanque interfaz de aguas grises.
Fuente: Foto propia (2019)

1.6.9.4. VÁLVULA INTERFAZ DE VACÍO

Las válvulas de interfaz de vacío permiten la conexión de accesorios de baño estándar al sistema de drenaje por vacío, así el sistema también aceptará desechos de todos los demás dispositivos de funcionamiento por gravedad, como lavamanos, baños, urinarios, sumideros y duchas. Las válvulas de interfaz de vacío utilizan un mecanismo de accionamiento neumático, así que no se necesita electricidad para su funcionamiento.



Ilustración 16. Válvula de Interfaz de vacío.
Fuente: Foto propia (2019)

1.6.9.4.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA UNIDAD DE INTERFAZ DE VACÍO

La unidad de válvula de interfaz de vacío funciona de manera similar al inodoro de vacío. La válvula se activa cuando se acumula una altura aproximada de 80 mm de desechos en el tanque de aguas grises. Esto luego transfiere el vacío de funcionamiento al diafragma del émbolo, abriendo la válvula de descarga durante tres segundos. Cuando el nivel de líquido en el tanque alcanza aprox. 80 mm, se repite el ciclo. La descarga solo puede ocurrir cuando hay suficiente vacío de operación.

1.6.9.5. LAVABOS Y OTROS APARATOS A DESAGUAR

Estos dispositivos a achicar no disponen de mecanismos propios integrados de vacío y, por lo que es necesario, se deben conectar a un tanque de interfaz de vacío a través de las líneas de achique (AENOR, 2006).

1.6.10. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE TUBERÍAS

La planificación en el diseño de tuberías del sistema de achique de las aguas residuales es muy importante en tomar en cuenta del espacio disponible y el material a utilizar en la instalación tanto para las líneas de achique por vacío como para las líneas de ventilación.

Se tomará en cuenta que las líneas de tuberías horizontales irán fijadas en los techos de las cubiertas en su mayoría.

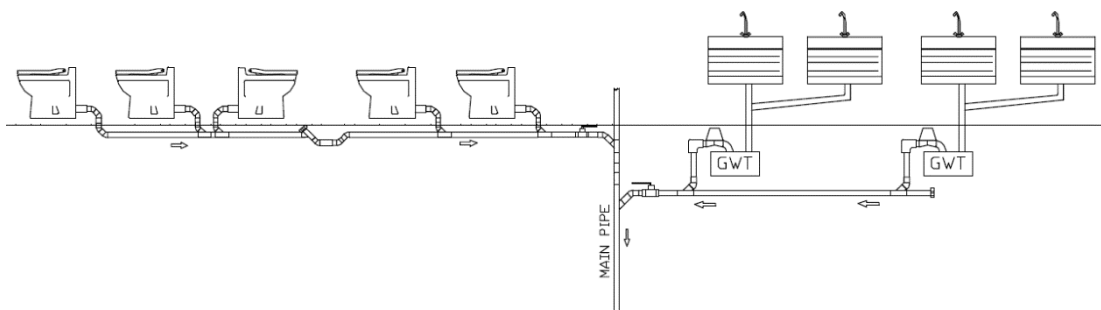


Ilustración 17. Uniones de tuberías en una cubierta.
(Jets Vacuum SA, 2006)

1.6.11. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS HORIZONTALES

1.6.11.1. TUBERÍAS DE SALIDA DIRIGIDOS HACIA ARRIBA DESDE LOS INODOROS

El transporte de los residuos en las tuberías horizontales debe montarse preferiblemente con una pendiente entre sifones en la dirección del flujo.

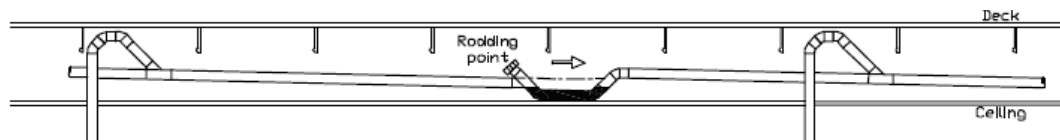


Ilustración 18. Instalación de tuberías con tubos descendentes.
(Jets Vacuum SA, 2006)

Importante a tomar en cuenta en la instalación:

- Asiento del buque.
- Longitud total del ramal de la tubería.
- Caída.

1.6.11.2. TUBERÍAS DE SALIDA DIRIGIDAS HACIA ABAJO DESDE LOS INODOROS

Los tubos pueden estar montados horizontalmente entre los sifones, a condición de que los tubos de salida de baños tengan una dirección hacia abajo, para evitar el reflujo.

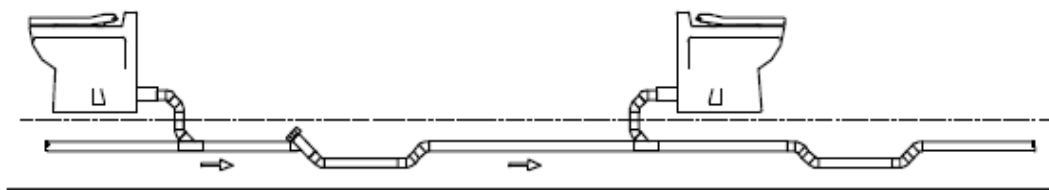


Ilustración 19. Instalación inodoros con tuberías dirigidas hacia abajo.
(Jets Vacuum SA, 2006)

Los sifones se hacen para deshacer los tapones. Cuando se descarga un inodoro en la misma tubería, la diferencia de presión en la parte anterior y posterior del sifón provoca el desplazamiento del tapón hasta el siguiente sifón.

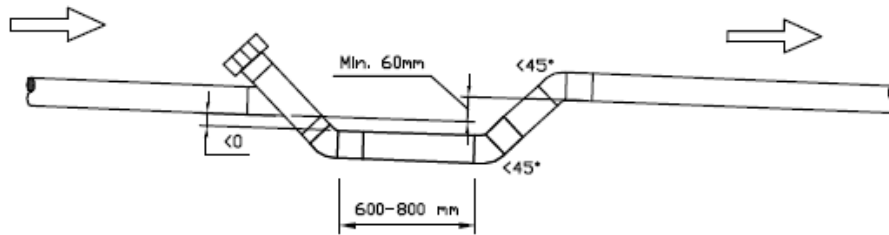


Ilustración 20. Construcción de un sifón.
(Jets Vacuum SA, 2006)

Al pasar por obstáculos horizontales, como al cruzar conductos de ventilación, atravesar tuberías, etc., será ventajoso construir el paso como un sifón.

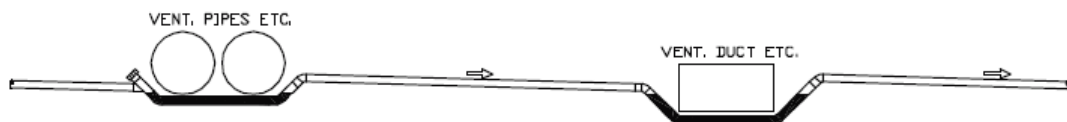


Ilustración 21. Instalación tuberías con obstáculos horizontales.
(Jets Vacuum SA, 2006)

Si el tubo de vacío debe colocarse por encima de dichos obstáculos, es importante colocar un sifón frente al tubo ascendente. De este modo, la velocidad máxima de las aguas residuales transportadas se obtiene en la tubería ascendente.

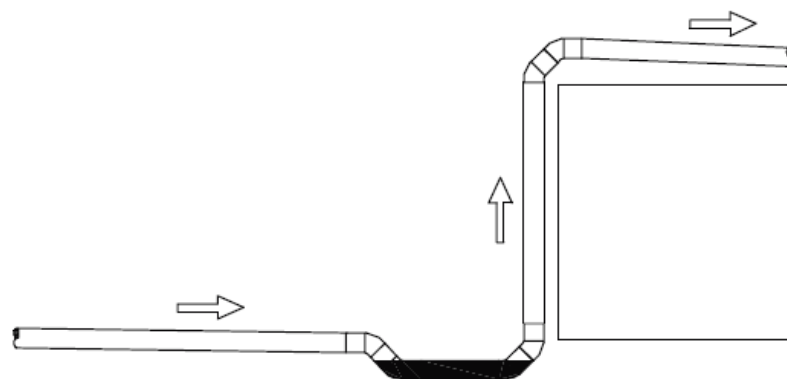


Ilustración 22. Instalación tuberías con obstáculos horizontales.
(Jets Vacuum SA, 2006)

La distancia entre los sifones se debe decidir teniendo en cuenta el riesgo de cambios en el asiento y los movimientos del barco debido al mar. Las distancias recomendadas para el buque en que estamos realizando el diseño pueden ser entre los 10 a 15 metros. Al ser un sistema de tuberías de salida dirigidas hacia abajo desde los inodoros hasta la rama de tubería

horizontal, la distancia entre puede ser máxima de 25 metros. (Jets Vacuum SA, 2006)

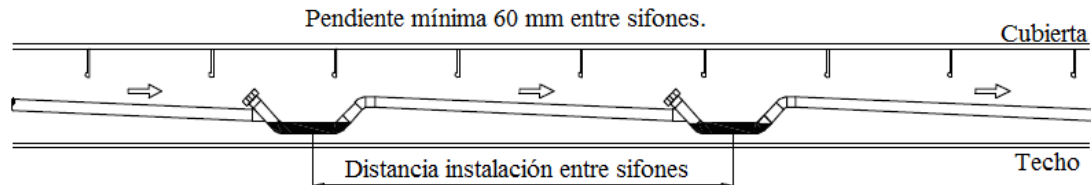


Ilustración 23. Distancia instalación entre sifones.
(Jets Vacuum SA, 2006)

En las secciones transversales de las tuberías de vacío, la distancia entre sifones se debe considerar por separado e incluso para buques grandes, la longitud de las secciones transversales puede requerir una distancia reducida entre los sifones.

Los codos en las tuberías siempre obstruirán el flujo de transporte, por ese motivo, en líneas horizontales, los codos causarán una acumulación de aguas residuales justo después del codo. Por lo tanto, es recomendable instalar un sifón justo después de dichos codos para recoger las aguas residuales y obtener la máxima velocidad de flujo en la siguiente sección recta. Cuando varios codos están ubicados una cerca del otro, un sifón debe ubicarse justo después de la última curva en la dirección del flujo. Por eso, es recomendable instalar sifones cerca de los ramales en la dirección del flujo.

1.6.11.3. MONTAJE DE TUBERÍAS DE VACÍO EN TECHOS

En muchas instalaciones en buques, las tuberías de derivación horizontales se montan en el techo entre la cubierta superpuesta y el techo con paneles. Como consecuencia, las salidas de los inodoros están conectadas a un tubo vertical que a su vez está conectado a un tubo de bifurcación horizontal en el techo.

El mayor desafío en estos casos es evitar el "reflujo" de los inodoros. Si esta tubería ascendente está llena de aguas residuales, influirá en la función de descarga y, en el peor de los casos, hará que las aguas residuales fluyan hacia la taza del inodoro.

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 55 DE 124 |

1.6.11.4. MONTAJE DE TUBOS DE DERIVACIÓN HORIZONTALES EN EL TECHO DE PANELES

Los tubos de derivación horizontales entre la cubierta superpuesta y el techo con paneles deben colocarse lo más cerca posible del techo con paneles, es decir, sifones para formar una capa límite inferior hacia el techo (Ilustración 18). De esta manera, se obtiene el máximo espacio para el cuello de cisne en la unión entre la tubería ascendente desde el inodoro a la tubería horizontal.

1.6.11.5. UNIÓN DE TUBOS CON DIFERENTES DIMENSIONES

El número de inodoros conectados a las ramificaciones y las tuberías de recolección decidirá la dimensión de la tubería. Las tuberías ascendentes con transporte de vacío de niveles inferiores a superiores nunca deben instalarse con la transición a una dimensión mayor de la tubería.

La dimensión más utilizada para las tuberías de los inodoros y ramificaciones es de diámetro nominal de 50 mm (DN50), esta se utiliza hasta 25 inodoros. Para la recolección de tuberías con mayor cantidad de 25 inodoros se utiliza de diámetro nominal de 65 mm (DN 65) (Jets Vacuum SA, 2006).

La razón de esto es que una mayor dimensión de la tubería crea menos velocidad de aire y, por lo tanto, menor transporte y menores distancias de transporte. Las consecuencias de esto son un mayor riesgo de acumulación de aguas residuales y, por lo tanto, de "reflujo".

En la medida de lo posible, se debe mantener la misma dimensión del tubo en las ramas horizontales y aumentar la dimensión del tubo para los tubos de recogida vertical.

La conexión de las ramas horizontales a los tubos colectores que van hacia abajo se debe hacer siempre con una conexión de 45° hacia abajo. En sistemas más grandes recomendamos la válvula de cierre para cada rama. Recuerde hacer un acceso suficiente para las válvulas de cierre.

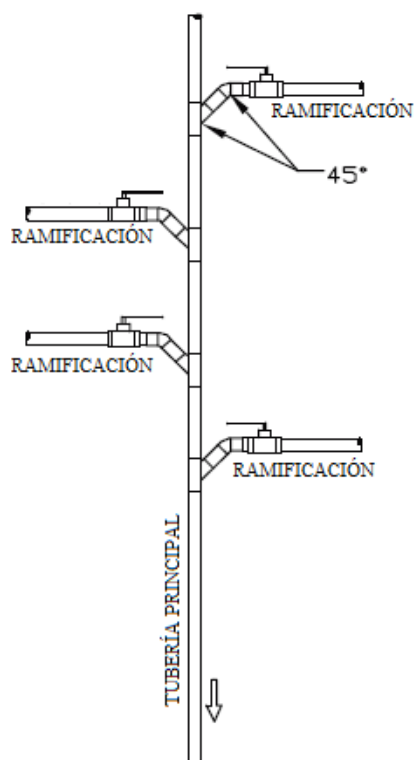


Ilustración 24. Ramificación de tuberías.
(Jets Vacuum SA, 2006)

1.6.11.6. PUNTOS DE LIMPIEZA

En la instalación de tuberías se deben colocar puntos para poder realizar la limpieza de la instalación en caso de atasco, a distancias adecuadas y con suficiente acceso. Este punto de limpieza consiste en un tubo con terminación con tapón roscado. En tramos más largos de tuberías, se deben instalar estos puntos de limpieza en conexión con los sifones.

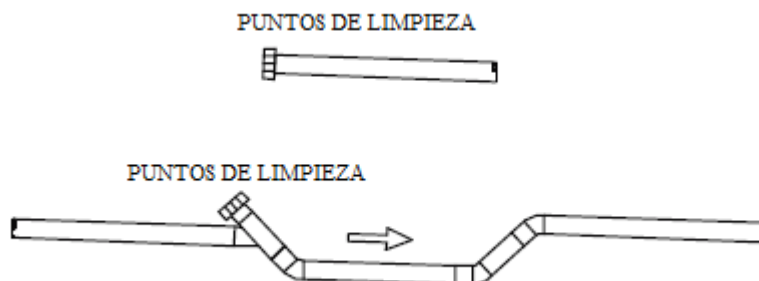


Ilustración 25. Puntos de limpieza
(Jets Vacuum SA, 2006)

1.6.11.7. CODOS

Los codos deben tener un gran radio de curvatura.

Para las tuberías de PVC y de acero tiene que ser con unión a presión, radio mínimo de 1,5 veces el diámetro del tubo, o una curva de 90° hecha de dos piezas de 45°.

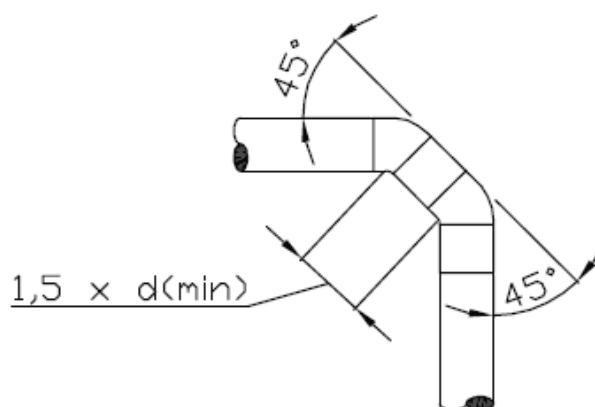


Ilustración 26. Tubería con curva a 90°.
(Jets Vacuum SA, 2006)

Para tuberías de acero soldadas, el radio mínimo de curvatura debe ser 3 veces el diámetro.

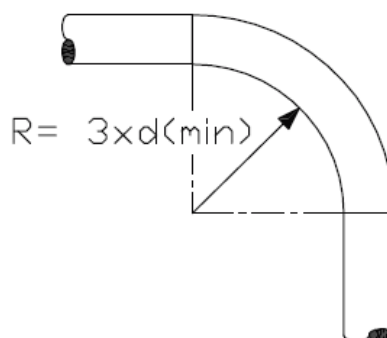


Ilustración 27. Curva 90°.
(Jets Vacuum SA, 2006)

El interior de las tuberías y de los accesorios deben ser lisos y sin obstrucciones para evitar atascos por tapones.

1.6.11.8. RAMALES

La conexión de 2 tubos debe realizarse con un ángulo máximo de 45° en la dirección de transporte del fluido. No se deben utilizar tubos con conexión en

T, y las tuberías de ramificación siempre deben conectarse a tuberías horizontales por encima.

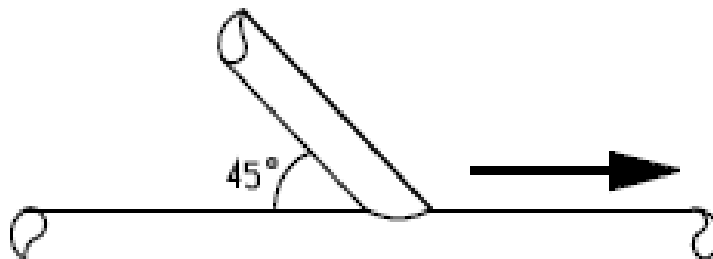


Ilustración 28. Conexión tuberías a 45°.
(Jets Vacuum SA, 2006)

Las tuberías de ramificación siempre deben conectarse a tuberías verticales en un ángulo de 45°.

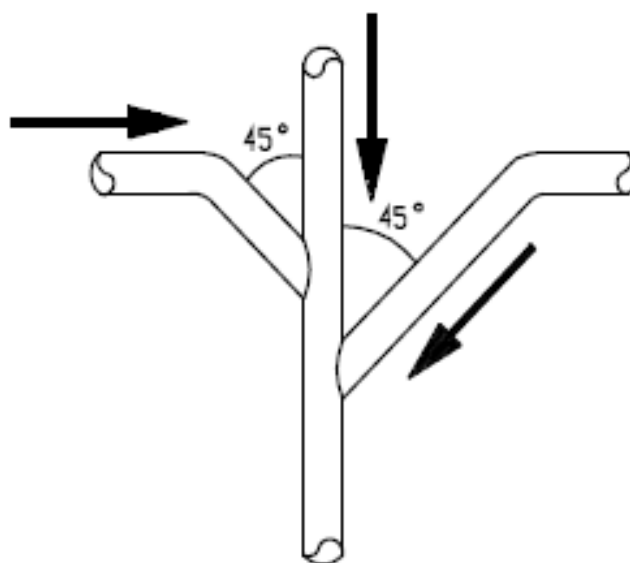


Ilustración 29. Ramificación de tuberías.
(Jets Vacuum SA, 2006)

1.6.11.9. CONEXIÓN DE LOS INODOROS

Para evitar fugas entre la válvula de descarga y la taza del inodoro, es importante que la tubería esté correctamente alineada. La conexión del inodoro a la red de tuberías se debe realizar con un codo o manguito de goma sujetado con abrazadera.

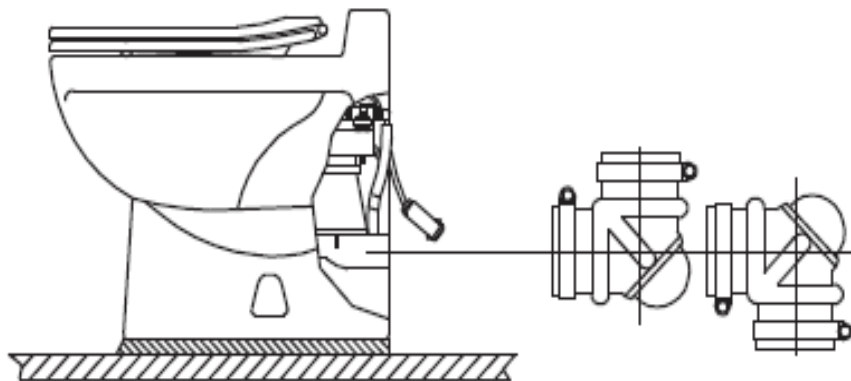


Ilustración 30. Conexión de inodoro.
(Jets Vacuum SA, 2006)

1.6.11.10. PERFORACIONES

Las perforaciones entre cubiertas serán estudiadas para que cumplan con las normativas actuales. De todos modos, éstas serán sustituidas por unas nuevas para evitar futuras averías en el sistema.

1.6.11.11. TUBERÍAS

Dependiendo de su situación, tanto para las líneas de achique por vacío como para las líneas de ventilación se utilizar las siguientes tuberías:

- Tuberías de acero de acuerdo con el apartado 1.6.11.12;
- Tuberías de acero y CuNiFe con macho y casquillo 1.6.11.13;
- Tuberías de CuNiFe de acuerdo con el apartado 1.6.11.14;
- Tuberías de PVC-U de acuerdo con el apartado 1.6.11.15; las tuberías de PVC-U se deben aprobar de acuerdo con la Resolución IMO A.753 (18);
- Las tuberías con un bajo poder propagador de llama y de emisión de humos quedan a la discreción de la sociedad de clasificación.

Para los diámetros nominales véase la Tabla 3.

Tabla 3. Diámetros nominales para las líneas de achique.
(AENOR, 2006)

| Tipo de tubería | Tuberías de acero y CuNiFe | Tuberías de PVC-U y de macho y casquillo |
|-----------------------------|----------------------------|------------------------------------------|
| Diámetro nominal, NB | 40 | 40 |
| | 50 | 50 |
| | 100 | - |

1.6.11.12. TUBERÍAS DE ACERO

Se aplican los siguientes tipos de tuberías:

- tuberías de acero sin soldadura de acuerdo con las Normas ISO 4200 y ISO 9329-1, de S 235 JR;
- tuberías de acero soldadas de acuerdo con las Normas ISO 4200 y ISO 9330-1, de S 235 JR;
- tuberías de acero roscadas de acuerdo con la Norma ISO 65, de S 185.

Para los diámetros exteriores y el espesor de las paredes véase la Tabla 4

Tabla 4. Dimensiones de las tuberías de acero.
(AENOR, 2006)

| Diámetro nominal, NB | Diámetro exterior, <i>d</i> mm | Espesor de las paredes, <i>s min</i> mm |
|----------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|
| 40 | 48,3 | 2,3 |
| 50 | 60,3 | 2,3 |
| 100 | 114,3 | 3,2 |

1.6.11.13. TUBERÍAS DE MACHO Y CASQUILLO

Se aplican las tuberías de macho y casquillo con medidas de acuerdo con la tabla 3. También se aplican las tuberías de CuNi10Fe1,6Mn con estas medidas.

1.6.11.14. TUBERÍAS DE CUNIFE

Se aplican las tuberías de CuNi10Fe1,6Mn con medidas de acuerdo con la tabla 4.

1.6.11.15. TUBERÍAS DE PVC-U

Se aplican las tuberías con medidas de acuerdo con la Tabla 5

Para la instalación se utilizarán tuberías de PVC-U y CuNiFe, siendo un buque de fabricación de aluminio, siendo los materiales más adecuados al ser más ligeros.

Tabla 5. Medidas de las tuberías de PVC-U.
(AENOR, 2006)

| Diámetro nominal , NB | Diámetro exterior, d mm | Espesor de las paredes, s_{min} mm |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------------------|
| 40 | 50 | 3.7 |
| 50 | 63 | 4.7 |

1.6.12. DISEÑO DEL PUNTO DE DESCARGA

El diseño de descarga actual está certificado por la sociedad de clasificación del buque. (Plano 5).

El diseño del punto de descarga se rige por la norma UNE ISO 15741-4:2004 en referencia a “Desagüe sanitario, tuberías para la evacuación de aguas residuales”.

Para la evacuación de las aguas residuales que procedan de los sistemas de desagüe sanitario, se establece una distinción entre:

- La evacuación de las aguas residuales a una unidad de almacenamiento de aguas de desecho y tuberías de descarga por la borda, o a una conexión desde la que se trasfiera a un punto externo de descarga.
- La descarga directa por la borda a través de líneas de desagüe por gravedad.

1.6.12.1. PUNTOS DE DESCARGA

1.6.12.1.1. SISTEMA DE TUBERÍAS DE DESCARGA

Las líneas de descarga desde las unidades de almacenamiento hasta los puntos de descarga se diseñarán como líneas bajo presión.

La siguiente ilustración muestra un ejemplo simplificado de la disposición de las líneas de descarga en el marco de un sistema de desagüe sanitario que va desde la planta de tratamiento de aguas negras hasta los puntos de descarga.

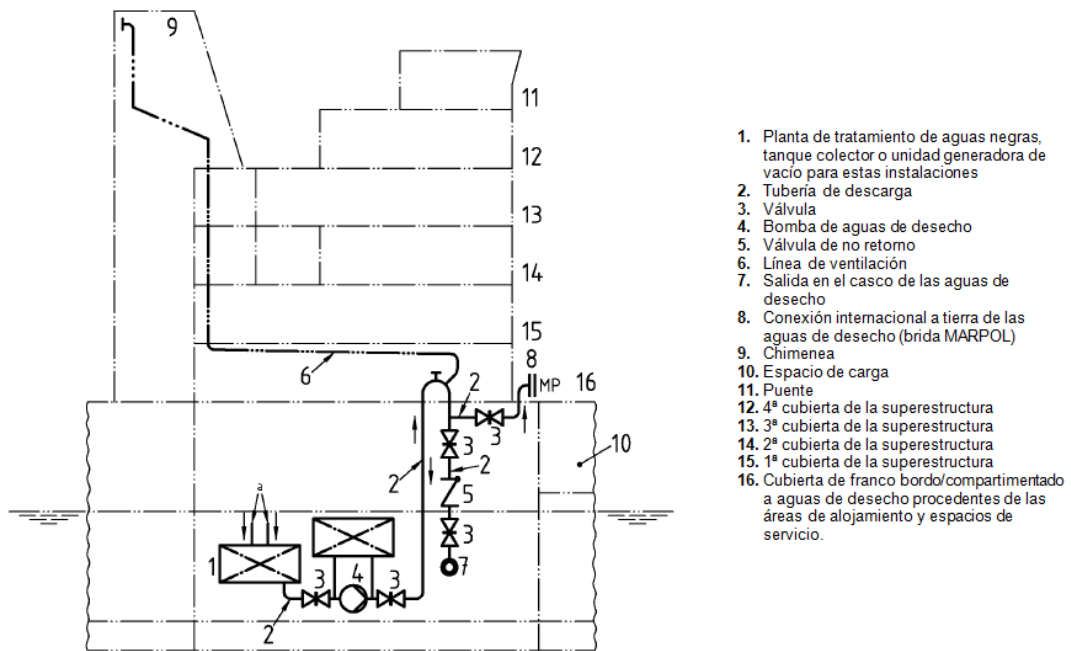


Ilustración 31. Ejemplo de un sistema de descarga de aguas negras con una unidad de almacenamiento aguas arriba del punto de descarga.
 (AENOR, 2004)

1.6.12.1.2. DESCARGA POR EL COSTADO

1.6.12.1.3. DISPOSITIVOS DE CIERRE

Los dispositivos de cierre deben estar certificados por las sociedades de clasificación, y deben instalarse en la sección de las tuberías de descarga que transcurre entre la bomba de las aguas de desecho y la salida de estas (Ilustración 32).

La disposición, número y tipo de estos accesorios depende de la distancia vertical entre la línea de franco bordo y la abertura más baja (desagüe). Los desagües incluyen también, los reboses de emergencia de las plantas de tratamiento de aguas negras.

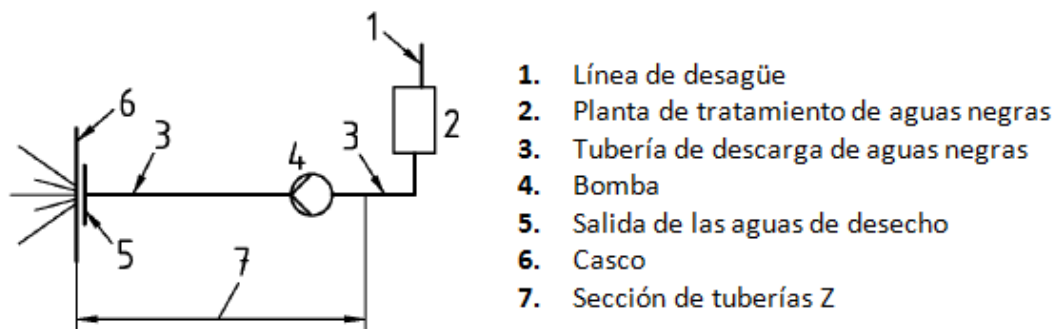


Ilustración 32. Sección de tuberías Z.
(AENOR, 2004)

1.6.12.1.3.1. CONFIGURACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CIERRE Y SALIDAS EN EL CASCO DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las salidas de las tuberías de las aguas residuales, originariamente en cualquier nivel, situadas bien a más de 450 mm por debajo de la cubierta de franco bordo, o bien a menos de 600 mm por encima de la línea de carga de verano, se deben equipar con un dispositivo de no retorno en el casco.

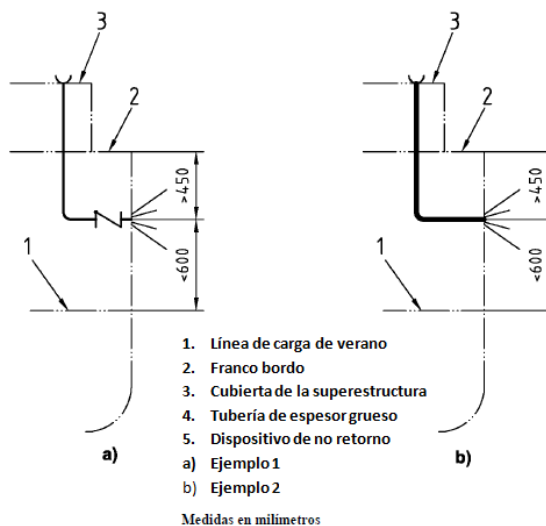


Ilustración 33. Dispositivos de cierre y salidas en el casco de aguas residuales
(AENOR, 2004)

Este dispositivo de no retorno, a menos que sea requerido por las disposiciones del apartado 4.4.2 de la norma 15741-4, puede omitirse si la tubería tiene un espesor del tipo B (ver Tabla 6. Medidas de las tuberías de acero).

Tabla 6. Medidas de las tuberías de acero
(AENOR, 2004)

| Diámetro nominal DN | Diámetro exterior <i>d</i> mm | Espesor de las paredes, s_{min} con el tipo de espesor de paredes mm | | | |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------|----------------|
| | | A | B | N | |
| | | | | D ^a | E ^b |
| 65 | 76,1 | 4,5 | 7,1 | 2,6 | 2,9 |
| 80 | 88,9 | 4,5 | 7,1 | 2,9 | 3,2 |
| 100 | 114,3 | 4,5 | 8 | 3,2 | 3,6 |
| 125 | 139,7 | 4,5 | 8 | 3,6 | 4 |
| 150 | 168,3 | 4,5 | 8,8 | 4 | 4,5 |
| a Para las tuberías de acuerdo con la Norma ISO 4200, tipo de espesor D. | | | | | |
| b Para las tuberías de acuerdo con la Norma ISO 4200, tipo de espesor E. | | | | | |

1.6.12.2. DESCARGA A UN PUNTO EXTERNO DE DESCARGA (CONEXIÓN A TIERRA)

Las tuberías de descarga de las aguas residuales se deben dirigir hacia las conexiones de descarga situadas en una cubierta en la que sea posible descargar las aguas tanto por el costado de babor como por el de estribor.

1.6.12.2.1. ESPESOR DE LAS PAREDES DE LAS TUBERÍAS

Las tuberías de acero de tipo N, de acuerdo con la Tabla 4. Dimensiones de las tuberías de acero., son suficientes para las tuberías de descarga en todas las zonas.

1.6.12.2.2. CONEXIÓN DE DESCARGA DE LAS RESIDUALES

La conexión de descarga de las aguas de desecho debe tener una brida adaptada a la conexión internacional a tierra de las aguas residuales (brida MARPOL).

1.6.12.3. DESCARGA A TRAVÉS DE UNA LÍNEA DE DERIVACIÓN

En las zonas en las que esté permitido descargar las aguas negras al mar, se pueden descargar directamente por la borda a través de una línea de derivación. La figura (Ilustración 34. Líneas de derivación) nos muestra un ejemplo de esta disposición.

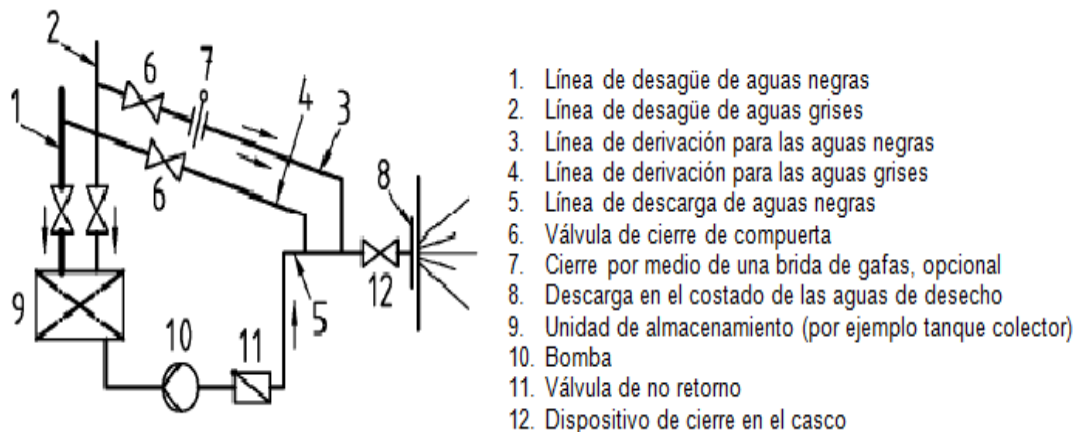


Ilustración 34. Líneas de derivación.
(AENOR, 2004)

1.6.12.4. DISPOSICIÓN DE LAS TUBERÍAS

En las líneas de desagüe por gravedad, la línea de derivación conecta directamente el desagüe principal de aguas negras con la línea de descarga de aguas residuales, que conduce desde la unidad de aguas residuales hasta una descarga al exterior en el casco.

En la entrada de esta línea, se debe colocar una válvula de cierre de compuerta, y a continuación un dispositivo adicional de cierre.

La línea de derivación debe terminar, en la dirección del flujo, en la línea de descarga de aguas negras, en un punto lo más cercano posible a los dispositivos de cierre en el casco.

1.7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

1.7.1. TRAZADO DE LÍNEAS

El proceso del transporte de los desechos por las tuberías se evacúan en forma de tapón, esto se realiza mediante emboladas por la diferencia de presión que hay antes y después de cada tapón de residuos de agua y sólidos.



Ilustración 35. Diferencia de presión en tuberías.
(Jets Vacuum SA, 2006)

Durante el transporte a través del sistema de tuberías, el tapón se ve afectado por la gravedad y se aplana después de un tiempo. Por esta razón, es necesario tener puntos bajos en el sistema de tuberías donde el tapón pueda formarse nuevamente, para que la diferencia de vacío pueda restablecerse.

El sistema de tuberías se diseña de acuerdo con los principios de transporte de los sistemas sanitarios por vacío.

Las tuberías se sujetarán a soportes con abrazaderas y la colocación de tomas para la limpieza en lugares donde sea conveniente y de fácil acceso.

Al dimensionar los tubos de vacío, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- El número de usuarios.
- El número de unidades de funcionamiento por vacío instalados.
- El uso al que va a estar destinado el inodoro, para uso individual o uso público.

1.7.2. ELECCIÓN DEL DISEÑO DE LA TUBERÍA

Para instalaciones en los buques, la elección del diseño de la distribución de tuberías deberá ajustarse a muchas consideraciones.

La tubería de salida de los inodoros evacuarán hacia abajo, es decir, la recolección de tuberías y ramales estarán en un nivel más bajo que los inodoros. De esta manera, se evita el riesgo de "reflujo" y siempre habrá suficiente vacío para la operación de los inodoros asegurando el transporte seguro de las aguas residuales.

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 67 DE 124 |

1.7.3. UBICACIÓN DE LA UNIDAD DE VACÍO

La unidad de generación de vacío siempre estará ubicada en el punto más bajo del sistema de vacío, de manera que las tuberías y ramas principales sean lo más cortas posible. Las tuberías de derivación de los inodoros evacuarán hacia abajo hacia la unidad de generación de vacío. Además, se tomará en cuenta lo siguiente al instalar el sistema de tubería de vacío:

- El tamaño del buque.
- El riesgo de variación de asiento y escora del buque.

1.7.4. DEPÓSITO DE VACÍO: CÁLCULO Y ACUMULACIÓN

Por lo general, cuando se descarga un inodoro, se introducen de 60 a 100 litros de aire en el sistema. A una disminución en el nivel de vacío, la unidad generadora de vacío se iniciará y se reconstruirá el nivel de vacío. Sin embargo, esto lleva algún tiempo (por ejemplo, desde unos pocos segundos hasta varios minutos, dependiendo del volumen de la tubería y la capacidad de los aspiradores). En casos de posible descarga simultánea de muchos inodoros (por ejemplo, en cruceros y ferris), el volumen total de tuberías debe ser lo suficientemente grande para que el sistema funcione. En los buques de este tipo con un volumen total de tubería inferior a 160 litros, es recomendable aumentar el depósito de vacío instalando un tanque de acumulación.

1.8. RESULTADOS FINALES

1.8.1. OBRA DE INSTALACIÓN PLANTA SÉPTICA

El proyecto a realizar para la fabricación en la estructura que soportará la planta de tratamiento será asignado a una empresa subcontratada de ingeniería naval bajo convenio del armador y el astillero, realizando estudio de la estructura y peso a soportar por la estructura del casco. La empresa subcontratada será la responsable de determinar los tipos de materiales a utilizar para realizar el proyecto.

Para proceder a la instalación de la planta de tratamiento de aguas negras se deberá realizar obras en la estructura del buque siendo enumeradas de la siguiente manera:

- El diseño y fabricación de una plataforma para la fijación de la planta séptica en el espacio vacío N°4 Br (void 4). Los materiales a utilizar serán de aluminio de alta calidad y resistente a las vibraciones y los esfuerzos del buque y que soporte el peso de la misma.
- Se realizará, en la zona asignada, un corte en la estructura del suelo del garaje con el tamaño adecuado para introducir la planta séptica en el espacio designado, debiéndose soldar nuevamente la chapa del suelo al finalizar la obra de introducir en el espacio vacío la planta séptica.



Ilustración 36. Void 4 Er HSC Jaime I

Fuente: foto propia (2018)

- Se fabricará una pasarela con pasamanos para dar el fácil acceso a los operarios. El material a utilizar será de aluminio de alta calidad y resistente que soporte el peso y no afecte la seguridad de los operarios.

- Se harán pruebas de ensayos no destructivos a la soldadura realizada tanto a la plataforma fabricada, como a la soldadura realizada a la cesárea del suelo del garaje.

1.8.2. TRABAJO A REALIZAR PARA LA INSTALACIÓN DE LAS LÍNEAS DE TUBERÍAS DE AGUAS RESIDUALES.

Para realizar la nueva instalación de tuberías de achique de aguas residuales será necesaria:

- Desmontaje de las planchas del techo de la cubierta 2 entre cuadernas 7 y 20 como se indica en los planos para acceder a la zona de trabajo de los aseos de la cubierta 1 como se señala en los planos del buque.
- Al finalizar la obra se montaran nuevamente las planchas del techo del Garaje.
- Si es necesario, se harán de registro puntuales en las planchas del techo del garaje, para facilitar el acceso a los puntos de limpieza en caso de tener que realizar mantenimiento al circuito.

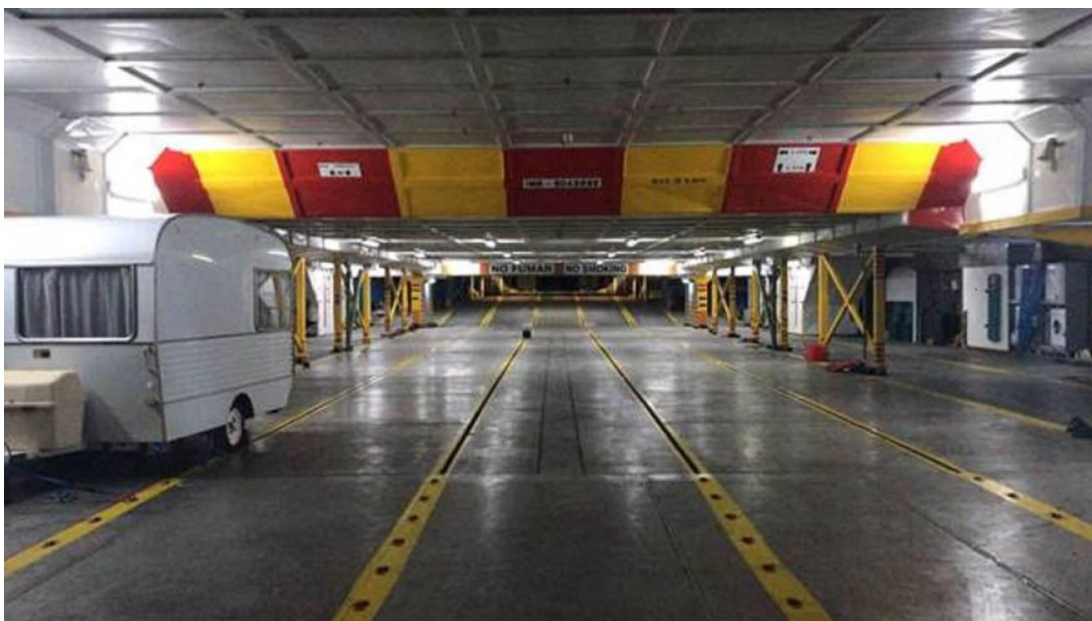


Ilustración 37. Jaume I G (Garaje Cubierta 1)
Fuente: Ferrybalear

1.9. PLANIFICACIÓN

El proyecto del nuevo sistema de achique y tratamiento de aguas residuales del buque se realizará como se estipula en la norma ISO 15749. Se instalará una planta de tratamiento de aguas residuales en base a la cantidad de equipos sanitarios a evacuar sin exceder el máximo de ramales en cada línea como figuran en la norma.

Para ello se desmantelará parte del sistema actual y se sustituirán por otros nuevos componentes.

1.9.1. EQUIPOS Y/O DISPOSITIVOS A DESMANTELAR:

- Tanques colectores de aguas residuales en babor y estribor.
- Sistema de tuberías de desagüe y achique de aguas de desecho por gravedad.
- Bombas maceradoras de descarga en babor y estribor.
- Grupo hidróforo.

1.9.2. EQUIPOS Y/O DISPOSITIVOS A INSTALAR:

- Planta de tratamiento de aguas negras.
- Sistemas de tuberías de desagüe y achique de aguas de desecho por vacío.
- Tanques interfaz de funcionamiento por vacío

1.9.3. EQUIPOS Y/O DISPOSITIVOS A SUSTITUIR DE FUNCIONAMIENTO POR GRAVEDAD POR FUNCIONAMIENTO POR VACÍO:

- Inodoros de aseos de señoras.
- Inodoros aseos de caballeros.
- Inodoro aseo de minusválidos.
- Inodoro baño de tripulación.
- Urinarios aseo de caballeros. Se estudiará la opción de la sustitución de estos, o se dejarán los que están instalados, siendo necesarios la instalación de un tanque interfaz de funcionamiento por vacío.

1.9.4. MATERIALES A UTILIZAR

1.9.4.1. TUBERÍAS PARA EL TRANSPORTE DE AGUAS NEGRAS Y GRISES

En la instalación del sistema de transporte de aguas negras y grises se optará por tuberías y accesorios fabricados en material PVC-U que cumplan con las siguientes características:

- PVC-U PN-16 rígido, en color gris.
- Tubos abocardados en uno de los extremos para permitir una conexión rápida y fácil entre ellos.
- La unión del tubo con los accesorios (tés, codos, manguitos, etc.) se realiza mediante encolado, utilizando adhesivo de PVC.
- Fabricadas en conformidad con la norma UNE-EN 1452.
- Todos los materiales y equipos con certificación AENOR
- Los soportes deben tener casquillos elásticos para la fijación de tubería.

1.9.4.1.1. SOPORTADO DE TUBOS

Los tubos deben disponer de soportes en:

- Cambio de dirección
- Tramos verticales
- Después de la unión con inodoros u otros equipos
- Cada 1,5 m o cada 2ª cuaterna en tubos de plástico.
- Cada 2,0 m en tubos de acero DN 40
- Cada 2,3 m en tubos de acero DN 50
- Cada 2,7 m en tubos de acero DN 65

Seguir también las recomendaciones del fabricante de los tubos.

1.9.4.2. VÁLVULAS DE CONTROL DE PASO

Para el control del paso de los fluidos en las tuberías se utilizarán válvulas de esfera o llaves de paso fabricado en PVC-U PE-EPDM con las siguientes características:

- De cierre y abertura rápida y fácil.
- Las juntas de asiento de bola en HPDE.
- Los anillos tóricos en EPDM.
- Las conexiones para encolar.
- Presión de trabajo PN 16.
- Con certificación AENOR.

1.9.4.3. DATOS ESPECÍFICOS DE TUBOS

Se tomará de referencia los datos de recomendación suministrados por el fabricante para el material y tamaño adecuado a utilizar para la instalación de las tuberías. (Jets Vacuum SA, 2006)

Tabla 7. Material a utilizar de tubos

| Material | PEH | PVC | Acero | Acero Inox |
|----------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Uso: | Acomodación hasta 75 mm (DN65) | Acomodación hasta 75 mm (DN65) | Cámara de máquinas y otras áreas calientes. Se debe usar para diámetro por encima de DN 65/80 * | Acomodación y cámara de máquinas |
| Presión mínima | PN 10 | PN 10 | PN 10 | PN 10 |

Tabla 8. Tamaño a utilizar de tubos

| Nº de inodoros de vacío | Tamaño Mínimo de Tubo | | | | |
|-------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------------------|
| | Conexión DN | PEH d x s (mm) | PVC d x s (mm) | Acero d x s (mm) | Acero Inox d x s (mm) |
| 3 | 40 | 50 x 3.0 | 50 x 2.4 | 48.3 x 2.6 | 50 x 1.0 |
| 25 | 50 | 63 x 5.8 | 63 x 3.0 | 60.3 x 2.9 | 50 x 1.0 |
| 100 * | 65 | 75 x 6.9 | 75 x 3.6 | 76.1 x 2.9 * | 75 x 1.0 |

PEH= Polietileno, Alta Densidad.

PCV= Polivinilcloride, DIN 86013

d= Diámetro exterior

s= Espesor del tubo

(*) En caso de un número mayor de inodoros, tomar contacto con el fabricante de bombas).

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 73 DE 124 |

1.9.5. EQUIPOS A INSTALAR

1.9.5.1. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Para la depuración de las aguas residuales por tratamiento biológico se optará por la planta de tratamiento de aguas residuales del fabricante DVZ, del modelo *DVZ-SKA "BIOMASTER"*, del tipo SKA 50 PLUS.

1.9.5.1.1. CARACTERÍSTICAS

- Certificación a la Resolución de la OMI MEPC.159.
- Sistema BMSU avanzado (unidad de separación de masa biológica) para obtener excelentes resultados de tratamiento.
- Proceso de biopelícula de lecho fijo sumergido.
- Se puede utilizar en sistemas de gravedad y en todos los sistemas de vacío.
- Diseño de acero inoxidable.
- Bajos costos de operación.

1.9.5.1.2. DATOS TÉCNICOS

- Capacidad total: 9,25 m³/día
- Peso en vacío: 1.040 kg.
- Peso en operación: 3.700 kg.
- Suministro de energía eléctrica: 3 x 380 V 50 Hz / 3 x 440 V 60 Hz

1.9.5.1.3. DIMENSIONES

- Largo (L): 2.885 mm
- Ancho (W): 1.770 mm
- Altura (H): 1.625 mm

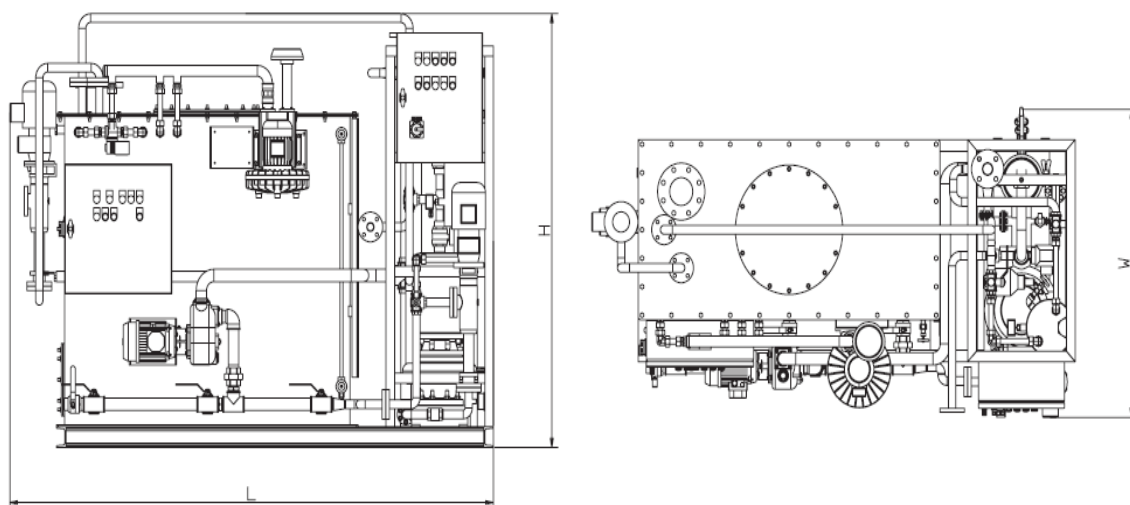


Ilustración 38. Dimensiones planta séptica DVZ-SKA 50 PLUS
(DVZ Group, 2019)

1.9.5.2. UNIDAD MODULAR DE VACÍO

Para generar el vacío en los circuitos de tuberías de aguas residuales se instalarán las unidades modulares generadoras de vacío del fabricante JETS VACUUM AS del modelo JETS 130 MBA.

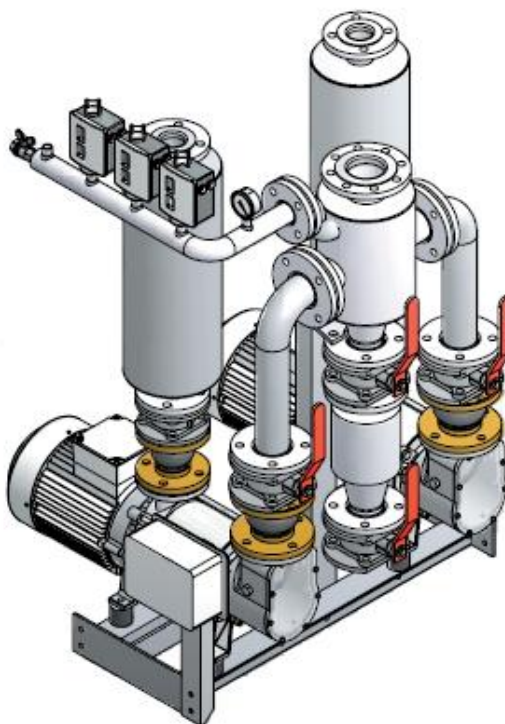


Ilustración 39. Unidad modular de vacío JETS 130 MBA.
(Jets Vacuum SA, 2006)

1.9.5.2.1. CARACTERÍSTICAS

- Provista con dos bombas de vacío con maceradoras modelo 65 MBA.
- Arranque y parada de las bombas controlada por presostato.
- Estructura fabricada para absorber las vibraciones

1.9.5.2.2. DIMENSIONES

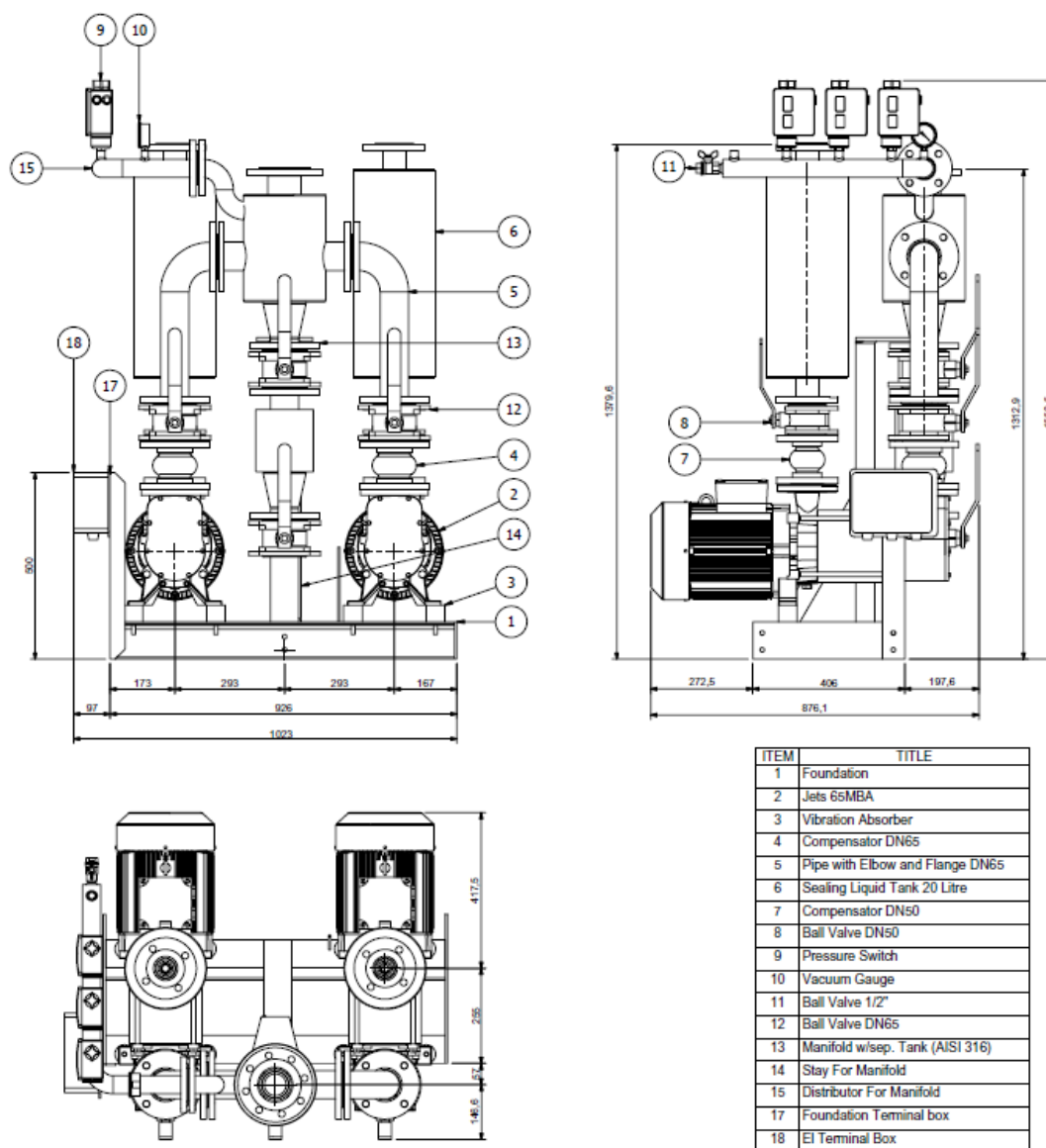


Ilustración 40. Dimensiones Unidad Modular de Vacío.
(Jets Vacuum SA, 2006)

1.9.5.3. BOMBA DE VACÍO CON MACERADORA

1.9.5.3.1. DATOS TÉCNICOS

- Capacidad: 60 m³/h.
- Capacidad de descarga a 50 Hz: 520 descargas/hora.
- Capacidad de descarga a 60 Hz: 600 descargas/hora.
- Dimensiones exteriores: 263 x 818 x 336 mm (ancho x largo x alto).
- Motor eléctrico: MEZ 7BA 132 S0 2K.
- Material de la carcasa del rotor: acero inoxidable AISI 316.
- Material del rotor de la bomba: acero inoxidable AISI 316.
- Material de cuchillos de bomba: acero inoxidable AISI 420.
- Material del eje de la bomba: acero inoxidable AISI 316.
- Conexión, entrada: DN65, PN10.
- Conexión, salida: DN50, PN10.
- Conexión, entrada: 1/2 " BSP dentro de hilos.
- Peso total: 97 kg.
- Voltaje / Frecuencia: 230-380 / 50, 255-440 / 60
- Presión de funcionamiento: -0.4 a -0.6 bar (regulado por presostatos)

1.9.5.3.2. DIMENSIONES

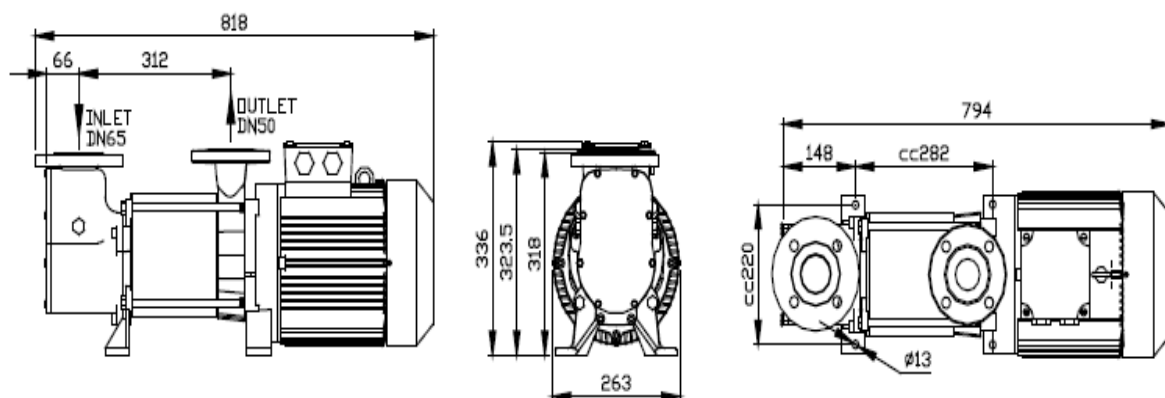


Ilustración 41. Dimensiones Bomba de Vacío con Maceradora.
(Jets Vacuum SA, 2006)

1.9.5.3.3. DATOS OPERATIVOS

Tabla 9. Datos operativos Bomba de Vacío con Maceradora.
(Jets Vacuum SA, 2006)

| | 50 Hz | 60 Hz |
|--------------------------------------|-------------------------|-----------------|
| Velocidad (nominal) | 2.895 rpm | 3.494 rpm |
| Conexiones de alimentación (nominal) | 400 V – 230 V (3 fases) | 440 V (3 fases) |
| Potencia de salida (nominal) | 5,5 kW | 6,3kW |
| Consumo de corriente (nominal) | 10,7 A – 18,7 A a 230 V | 11.2 A |
| Factor de Potencia (nominal) | 0,9 | 0,9 |

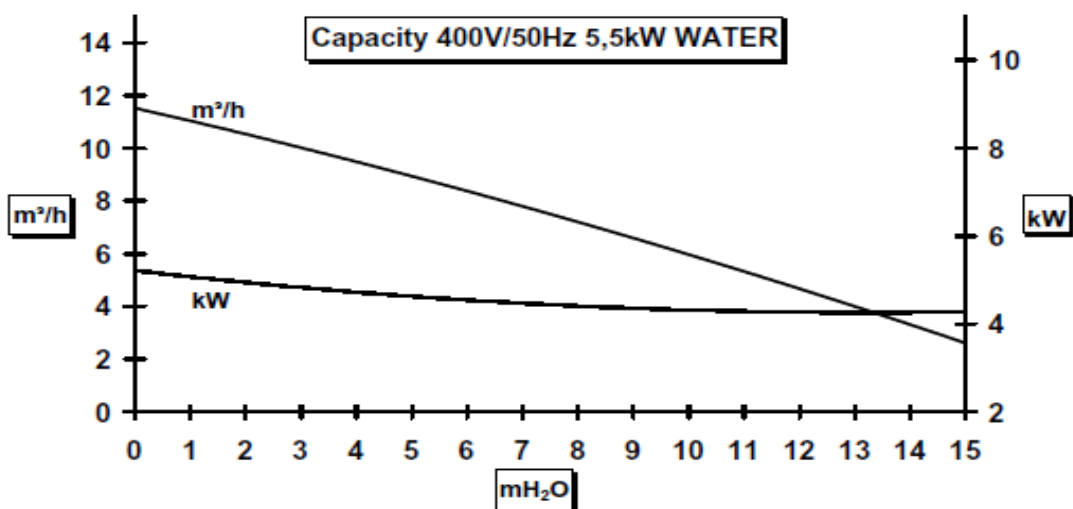
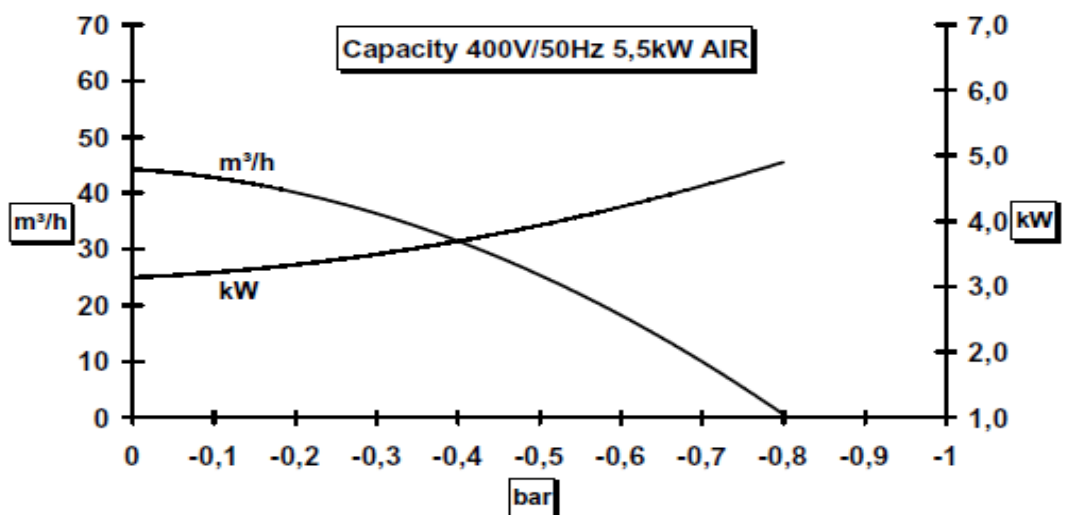


Ilustración 42. Datos Operativos Bomba de Vacío con Maceradora (400V/50Hz)
(Jets Vacuum SA, 2006)

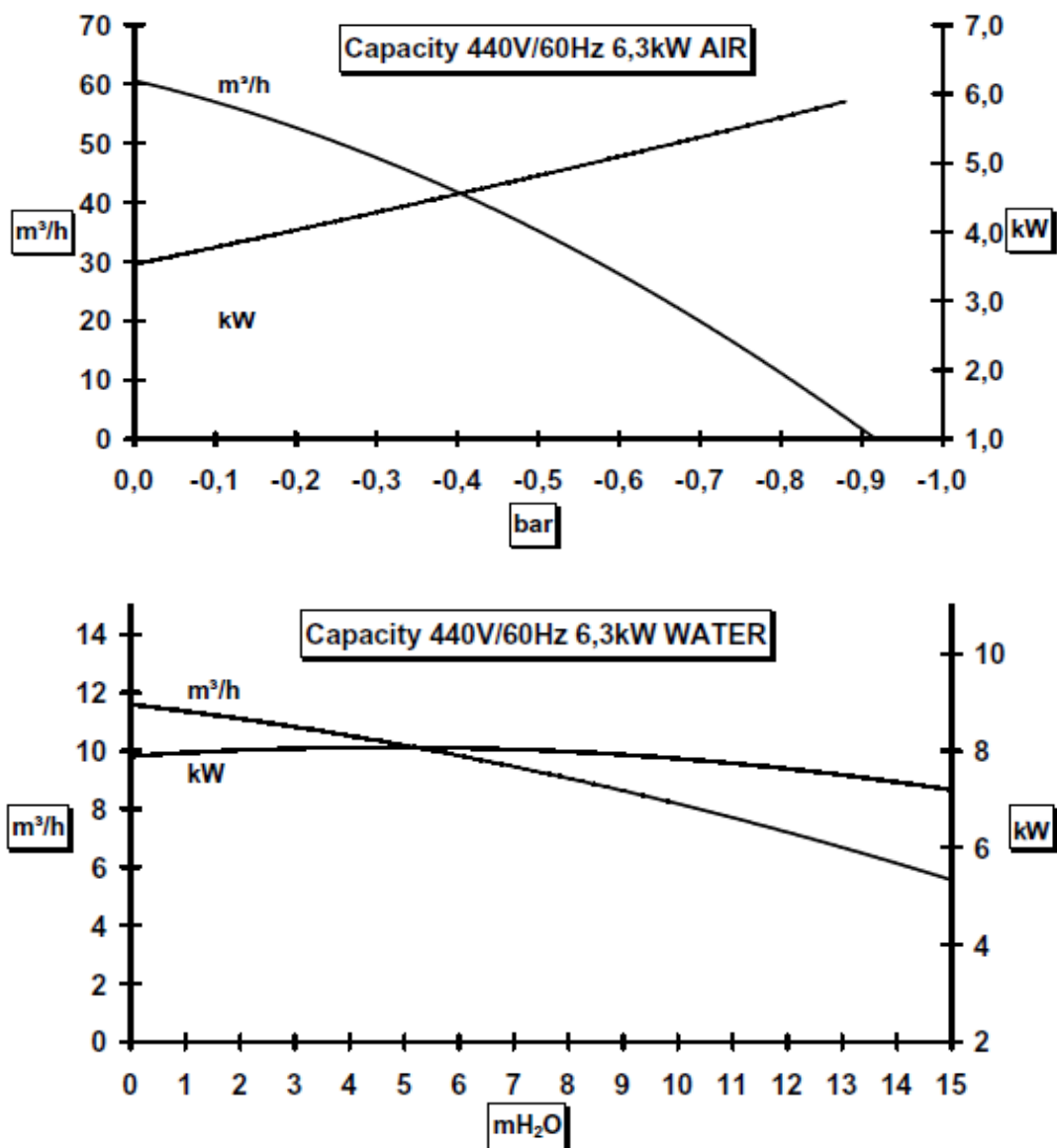


Ilustración 43. Datos Operativos Bomba de Vacío con Maceradora (440V/60Hz)
(Jets Vacuum SA, 2006)

1.9.5.4. INODOROS

Se instalará inodoros del fabricante JETS VACUUM del modelo Jets 50, con descarga hacia el suelo. Es un modelo con mecanismo de funcionamiento totalmente neumático con un bajo consumo de agua y un barrido y descarga muy seguro que combina una funcionalidad superior con un gran diseño.



Ilustración 44. Diseño inodoro Jets 50.
(Jets Vacuum SA, 2006)

1.9.5.4.1. DATOS TÉCNICOS

- Dimensiones exteriores: 357 x 590 x 470 (ancho x largo x alto)
- Material de la taza: Porcelana.
- Peso neto de la taza: 17,6 kg.
- Peso total: 21,75 kg.
- Conexión de agua: 1/2" BSP, válvula de bola.
- Salida: Diámetro exterior 50 mm.

1.9.5.4.2. DIMENSIONES

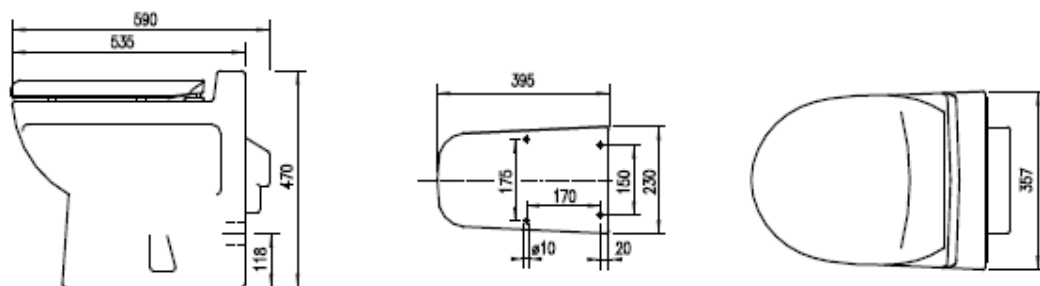


Ilustración 45. Dimensiones inodoro Jets 50.
(Jets Vacuum SA, 2006)

1.9.5.4.3. DATOS OPERATIVOS

- Tiempo de limpieza: regulable (5 segundos).
- Tiempo de descarga: regulable (5 segundos).
- Presión de agua: de 2 a 7 bar (200 a 700 kPa).
- Vacío de servicio: 30 a 50% de vacío.
- Consumo de agua: ajustable (1,2 litros).
- Consumo de aire: regulable (aproximadamente 60 litros al 50% de vacío).

1.9.5.5. TANQUE INTERFAZ CON ACCIONAMIENTO POR VACÍO

Se instalará tanque interfaz con mecanismo de accionamiento por vacío para el achique proveniente de los urinarios del fabricante EVAC.



Ilustración 46. Tanque Interfaz con mecanismo de accionamiento por vacío.
(EVAC, 2017)

1.9.5.5.1. DATOS OPERATIVOS

- Totalmente automático: no requiere electricidad.
- Tanques resistentes a la corrosión fabricado en acero inoxidable.
- Operación de descarga silenciosa.
- Bajo requerimiento de vacío (más de - 25 kPa) con 80 mm de nivel de carga.

1.9.5.5.2. DATOS TÉCNICOS

- Capacidad: 5 litros.
- Altura: 310 mm.
- Ancho: 184 mm.
- Profundidad: 542 mm.
- Peso: 6 kg.
- Capacidad de descarga: - 30 kPa: 1,2 l/s.
- Conexiones de salida (línea de vacío): Conexión curva de goma para tuberías DN40.
- Línea de entrada (gravedad): Conexión recta a la tubería DN40.

1.9.5.6. PROCEDIMIENTO DE PRUEBA DE ESTANQUEIDAD DE VACÍO

a) Solo tubería de vacío:

Prueba de estanqueidad de todos los tubos de vacío, sin ningún componente conectado (inodoros, tanques de aguas grises, bombas de vacío etc.).

Todos los finales de tubos deben estar cegados.

Pérdida máxima aceptada de estanqueidad: Caída de vacío desde -0,6 bar a -0,5 bar en una hora.

Resultado de la prueba: Desde - 0,6 bar a _____ en una hora.

b) Instalación completa de vacío:

Prueba de estanqueidad de la instalación completa de vacío, con todos los componentes conectados (inodoros, tanques de aguas grises, bombas de vacío etc.).

Pérdida máxima aceptada de estanqueidad: Caída de vacío desde -0,55bar a -0,4 bar en 20 minutos.

Resultado de la prueba: Desde - 0,55 bar a _____ en 20 minutos

(Jets Vacuum SA, 2006)

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEMORIA | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 82 DE 124 |

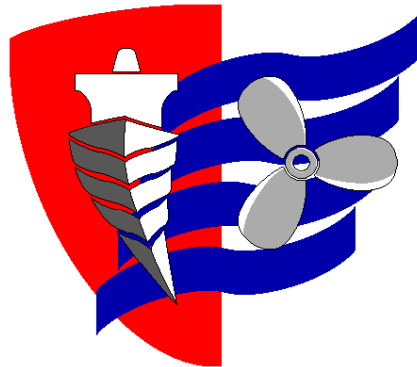
1.9.6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y UNIDAD MODULAR DE VACÍO

Se tomará de referencia la instalación eléctrica del cuadro eléctrico (DB5) situado en el Ante-room Er (Ilustración 51), de la bomba maceradora de estribor (Ilustración 52).

La proyecto a realizar para la instalación eléctrica para el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales y de la unidad modular generadora de vacío (integrada por las bombas de vacío maceradoras y sus componentes) será realizada por una empresa subcontratada bajo convenio entre el armador y el astillero.

Los datos técnicos de consumo eléctrico de la planta de tratamiento serán suministrados por su fabricante para la realización del proyecto. La empresa subcontratada será responsable del proyecto, suministro de materiales y personal para ejecutar el trabajo simultáneo con este proyecto.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



ANEXOS

2. ANEXOS

2.1. CERTIFICACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO



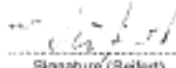

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | | See-Berufsgenossenschaft Prüf- und Zertifizierungsstelle im BG PRÜFZERT European notified body Identification number 0736 |
| EC-Type Examination (Module B) Certificate | | |
| Certificate-No. | | 340.132 |
| Name and address of the manufacturer: | DVZ-SERVICES GmbH; Kirchweyher Str. 8; 28844 Weyhe, Germany | |
| Date of issue: | 01.08.2008 | |
| Annex A.1 Item No & Item designation | A.1/2.8 – Sewage treatment plants | |
| duct designation: | Sewage treatment plant | |
| Product Type: | DVZ-SKA 200 „Blomaster“ | |
| Intended purpose: | Sewage treatment plant for ships acc. MARPOL 73/78, Annex IV and Helsinki-Convention | |
| Testing based on (Specific standard): | IMO Resolution MEPC.2(VI) for sewage treatment plants acc. with MARPOL 73/78, Annex IV, Reg. 9 | |
| Remarks: | | |
| The type tested was found to be in compliance with the Marine-pollution prevention requirements of Marine Equipment Directive (D) 96/95/EC as amended by Directive 2002/75/EC subject to any conditions in the schedule (part of this certificate). | | |
| This certificate may only be used in connection with module(s) D or F or E of this directive. | | |
| Expiry date: | 31.07.2011 | |
| The approval of the installed equipment will be in force beyond the validity date until it is revoked! | |  Signature (Selfert) |
| Note 1: This certificate will not be valid if the manufacturer makes any changes or modifications to the approved equipment, which have not been notified to, and agreed with the notified body named on this certificate. | | |
| Note 2: Should the specified regulations or standards be amended during the validity of this certificate, the product(s) is/are to be re-approved prior to it/they being placed on board vessels to which the amended regulations or standards apply. | | |
| Note 3: The Mark of Conformity may only be affixed to the above type approved equipment and a Manufacturer's Declaration of Conformity issued when the production-control phase module (D, E, or F) of ANNEX B of the Directive is fully complied with and controlled by a written inspection agreement with a notified body. | | |
|  | Note 4: "Wheelmark" Format YY Last two digits of year mark affixed. XXXX Notified Body number undertaking surveillance module | |

Ilustración 47. Certificación Planta de Tratamiento DVZ
Fuente: Buque Passió per Formentera

- 2 -

Die Regel- und Überwachungseinrichtungen wurden unter Stoß- und Schwingungsbeanspruchungen geprüft.
The control and sensor equipment were tested for shock and vibration.

Die Verwaltung bescheinigt, daß die Anlage
The Administration is satisfied that the equipment

- (i) so ausgelegt wurde, daß das geometrische Mittel des Biochemischen Sauerstoffbedarfs nach fünf Tagen (BSB5) 50 Milligramm pro Liter nicht überschreitet und
has been designed so that the geometric mean of the 5 day Biochemical Oxygen Demand (BOD5) does not exceed 50 milligrams per litre; and
- (ii) bei Neigungen bis zu 22,5° arbeiten kann.
can operate under conditions of heel of up to at least 22,5°.

Einzelheiten der Erprobungen und der einzelnen Ergebnisse werden im Anhang aufgeführt.
Details of the tests and the results obtained are shown in the Appendix to this Certificate.

Ein Schild oder ein haltbarer Aufkleber muß an jeder Anlage angebracht sein mit Angaben über den Hersteller, Typ und die Seriennummern, den Flüssigkeitsdurchsatz und das Herstellungsdatum.
A plate or durable label containing data of the manufacturer's name, type and serial numbers, hydraulic loading and date of manufacture is to be fitted on each unit.

Eine Kopie dieses Zeugnisses muß jederzeit auf jedem Schiff mitgeführt werden, das mit der oben beschriebenen Anlage ausgerüstet ist.
A copy of this Certificate shall at all times be carried on board of any vessel equipped with the above described unit.

Dieses Typenprüfungszeugnis gilt bis: 31.07.2011.
This certificate of type test is valid until:

Dieses Typenprüfungszeugnis bleibt über das vorstehende Datum hinaus in Kraft, sofern kein Widerruf erfolgt.
Ein Widerruf für auf einem Schiff eingebaute Einrichtungen kann z.B. erfolgen, wenn diese nicht gefahren und/oder nicht gewartet und/oder nicht funktionsbereit sind und/oder nicht innerhalb einer angemessenen Frist an zukünftige Bestimmungen angepaßt werden können.
This certificate of type test is in force beyond the above mentioned date unless it is revoked.
A revocation of the equipment installed aboard the ship can follow, but is not limited to, if the equipment is not maintained and/or is not in good working order and/or the equipment can not be modified within an appropriate time frame, due to future regulatory standards.

Das Typenprüfungszeugnis für die Abwasseranlageneinheit Type DVZ - SKA 200 "Biomaster" wird aufgrund der Erprobung von Type DVZ - SKA 20 "Biomaster" gemäß IMO-Entscheidung MEPC.2 (VI) 2.7 ausgestellt.
The certificate of Type Test for Sewage Treatment Plant type DVZ - SKA 200 "Biomaster" will be issued based on the test of type DVZ - SKA 20 "Biomaster".

Ausgestellt in: Hamburg Datum: 01.08.2006
Issued at: date:




 See-Berufsgenossenschaft
 Schiffssicherheitsabteilung

Die Abwasser-Anlage mit der Serien-Nummer 728308 entspricht dem Typ DVZ.
The sewage treatment plant with the serial number 728308 complies with the tested type DVZ.



 DVZ-SERVICES GmbH
 Bachstrasse 9
 D - 20857 Sylke
 Tel. +49 4242 18 938
 Fax +49 4242 16 936
 E-Mail: info@dvz-services.de
 www.dvz-services.de

Ilustración 49. Certificación Planta de Tratamiento DVZ
Fuente: Buque Passió per Formentera

2.2. TABLA DE CONVERSIÓN DE VACÍO

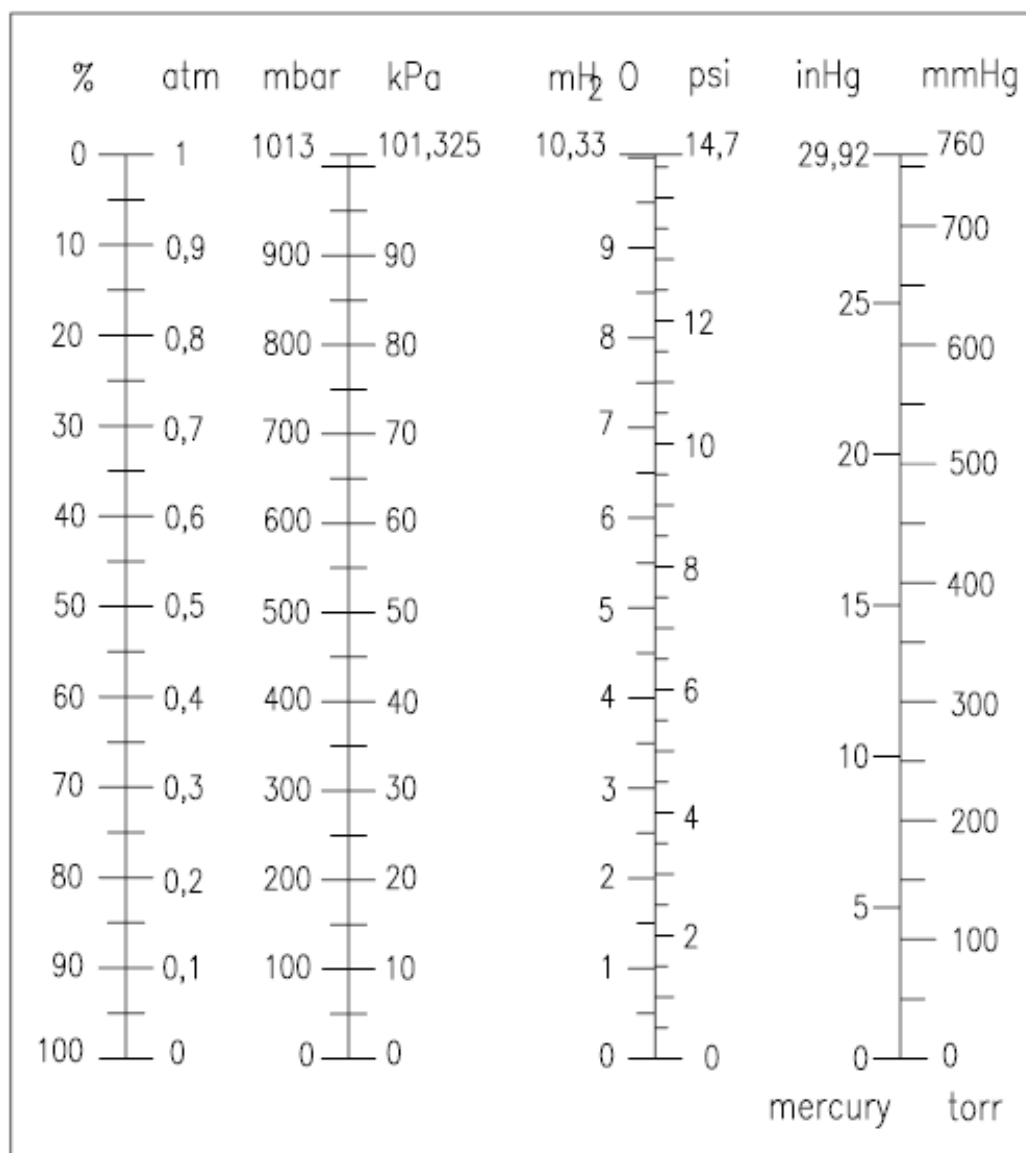


Ilustración 50. Tabla de Conversión de Vacío
(Jets Vacuum SA, 2006)

2.3. DISPOSICIÓN CUADRO ELÉCTRICO DB5E

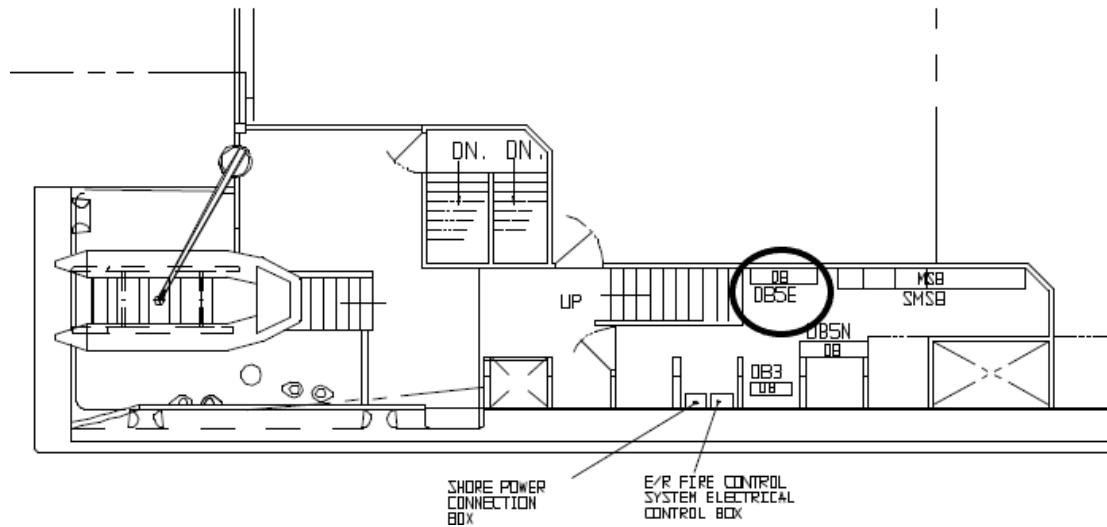


Ilustración 51. Disposición cuadros eléctricos Ante-room Er.
Fuente: HSC Jaime I

2.4. PLANO CUADRO ELÉCTRICO DB5E

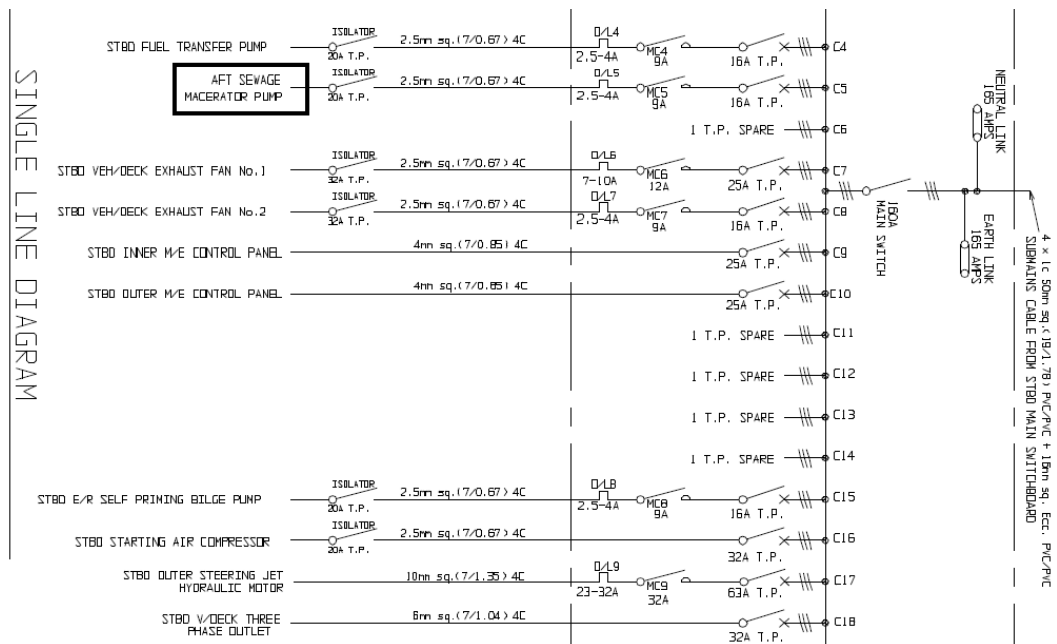


Ilustración 52. Diagrama instalación sección cuadro eléctrico DB5E.
Fuente: HSC Jaime I

2.5. CÁLCULOS

2.5.1. CANTIDADES A CONSIDERAR PARA LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES

Se tomará en consideración las cantidades mínimas de aguas de desechos por persona en el diseño de la planta de aguas residuales, de acuerdo en la Tabla 10. Cantidad mínima de agua de desecho..

Tabla 10. Cantidad mínima de agua de desecho.
Fuente (AENOR, 2005)

| Tipo de buque | Cantidad mínima de agua de desecho por persona y día en litros | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| | Planta sin vacío | | Planta con vacío | |
| | Aguas negras | Aguas negras y grises | Aguas negras | Aguas negras y grises |
| Buques de pasaje | 70 | 230 | 25 | 185 |
| Buques de alta mar exceptuando los de pasaje | 70 | 180 | 25 | 135 |
| Los buques costeros pueden conservar los valores recomendados por las autoridades responsables. | | | | |

NOTA: Estos valores son los recomendados. Hay que considerar las posibles variaciones debidas a los reglamentos nacionales o a las recomendaciones de las sociedades de clasificación.

Al ser un buque de alta velocidad, no consideraremos para los cálculos, el consumo medio por aguas grises provenientes de duchas al no poseer para el pasaje. Solo haremos el cálculo se hará en aguas negras.

Los itinerarios de viaje que realiza este tipo de buque son relativamente cortos en comparación con un buque de pasajeros convencional de un promedio de una a cuatro horas por trayecto; realizando de uno a dos viajes por día dependiendo la duración del trayecto. Así que, para realizar el cálculo de la cantidad de agua de desecho diario por persona, primero realizaremos el cálculo por la cantidad de horas de navegación y operativa del buque, y así para poder sacar el cálculo diario. Desestimamos el tiempo con el buque detenido al no tener tripulación, solo personal de mantenimiento.

Ejemplo: Tenemos que el trayecto que realiza el buque es de Fort Lauderdale (Miami) a Free Port (Grand Bahamas) – Free Port a Fort Lauderdale; con un tiempo de duración aproximado de navegación por trayecto de tres horas y media (93 millas marinas a una velocidad promedio de 32 nudos), agregando el tiempo de operativa de carga y descarga del pasaje.

Calculamos:

$$\textit{Tiempo por trayecto} \times 2 = 6 \text{ horas}$$

$$\textit{Tiempo de operativa} \times 4 = 4 \text{ horas}$$

$$\textit{Tiempo total pasajeros a bordo} = 10 \text{ horas}$$

Ahora haremos el cálculo de la cantidad de aguas negras de desecho que puede generar una persona:

$$25 \text{ l/d} \div 24 \text{ h} \approx 1,04 \text{ l/h}$$

$$1,04 \text{ l/h} \times 10 \text{ horas} = 10,40 \text{ l/d}$$

El promedio de aguas de desecho generado por persona es de aproximadamente de 10,40 litros por cada día en operaciones.

Decimos que, el cálculo general de la cantidad máxima de agua de desecho que se genera al día en el buque:

$$\textit{Pasajeros} = 623 \text{ personas}$$

$$\textit{Tripulación} = 22 \text{ personas}$$

$$\textit{Total} = 645 \text{ personas}$$

Donde,

$$645 \text{ personas} \times 10,40 \text{ l/d} = 6.708 \text{ l/d}$$

Así que tenemos una cantidad de **6.708** litros al día de aguas negras de desecho que podemos producir a bordo.

2.5.2. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE AIRE

2.5.2.1. CAPACIDAD DE AIRE PARA LAS AGUAS NEGRAS

Para realizar el cálculo de la capacidad de aire para las aguas negras se dispondrá de la fórmula de la norma UNE-EN ISO 15749-3:

$$p1 = W * b1 * f1 * f2$$

Dónde:

b1 = es el consumo de aire, en litros, de una activación del mecanismo de vacío para aguas negras (normalmente 60 litros).

f1 = es el número de retretes utilizados por hora (para los valores normales, véase la Tabla 11. Número de retretes utilizados por hora).

f2 = es el factor de pérdidas causadas a través del sistema (normalmente 1,25).

P1 = es la capacidad de aire para las aguas negras, en litros por hora.

W = es el número de retretes con mecanismos integrados de vacío y de urinarios con un mecanismo de vacío conectado.

Tabla 11. Número de retretes utilizados por hora
Fuente: (AENOR, 2004)

| Tipo de Buque | Carguero | Buque de pasaje | Ferri | Buque de excursiones de día |
|---------------|----------|--------------------|-------|--------------------------------|
| f1 | 5 | 6 | 7 a 9 | 12 |

El *HSC Jaume I* dispone de 23 dispositivos sanitarios con accionamiento por vacío (17 inodoros y 6 urinarios). Entonces P1 es igual a:

$$P1 = 23 * 60 * 9 * 1,25 = 15,525 \text{ l/h}$$

2.5.2.2. CAPACIDAD DE AIRE PARA LAS AGUAS GRISES

Para realizar el cálculo de la capacidad de aire para las aguas grises se dispondrá de la fórmula de la norma UNE-EN ISO 15749-3:

$$P2 = \frac{K * m * b2}{a * n} + \frac{K * m}{a}$$

Dónde:

a = es el número de períodos pico (normalmente 2).

b2 = es el consumo de aire, en litros, para una activación del mecanismo de vacío para aguas grises (normalmente 50 litros).

K = designa el número de personas a causa de las cuales hay que descargar las aguas grises vía las líneas de achique operadas por vacío.

(Aunque este número se refiere solamente a las personas con alojamiento disponible a bordo, el buque al no poseer camarotes para alojamiento, tomaremos de referencia a la cantidad de lavamanos y fregaderos para realizar el cálculo).

m = es el consumo de agua por persona en 24 horas, en litros (normalmente 60 litros).

n = es la cantidad de agua utilizada en una activación de un mecanismo de vacío, en litros (normalmente 5 a 15 litros).

P2 = es la capacidad de aire para las aguas grises, en litros por hora.

El valor aproximado de la cantidad de aire necesaria de las aguas grises será:

$$P2 = \frac{13 * 60 * 50}{2 * 10} + \frac{13 * 60}{2} = 2.340 \text{ l/h}$$

2.5.3. PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO

Utilizando el método CPM (Critical Path Method) y la técnica PERT (Program Evaluation and Research Tecnique) se hará el cálculo de tiempo del proyecto de horas necesarias para realizar y finalizar el trabajo a ejecutar. Determinaremos el tiempo de duración y el tiempo crítico para realizar la obra del proyecto.

2.5.3.1. PROGRAMACIÓN

| Actividad | Descripción del trabajo | Precedente | Tiempo (horas) |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------|
| A | Desmontaje de planchas de entretecho cubierta 1 Garaje. | - | 16 |
| B | Realizar corte superficie del garaje (cesárea) zona designada para extracción tanque colector de aguas residuales, e introducir planta séptica a espacio vacío N°4 Er. | - | 4 |
| C | Realizar corte superficie del garaje (cesárea) zona designada para extracción tanque colector de aguas residuales en espacio vacío N°4 Er. | B | 4 |
| D | Desmontaje de inodoros de funcionamiento por gravedad | A | 18 |
| E | Desmantelamiento del sistema de tuberías de achique de aguas negras | D | 12 |

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: ANEXOS | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 93 DE 124 |

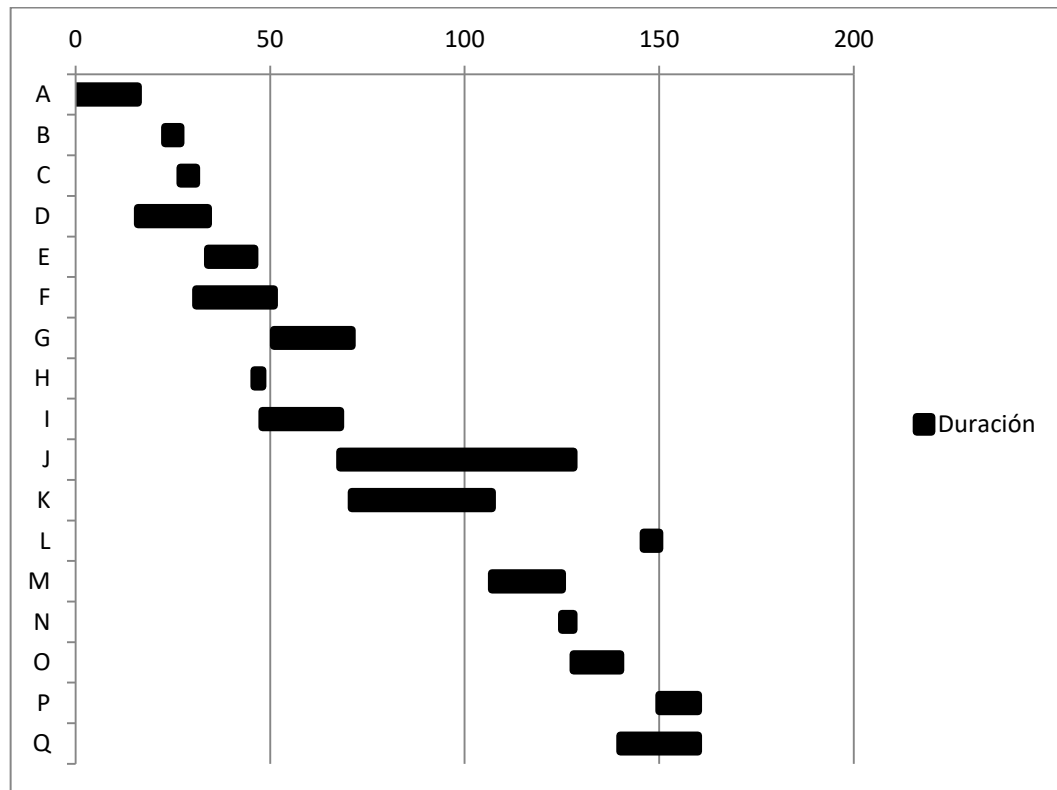
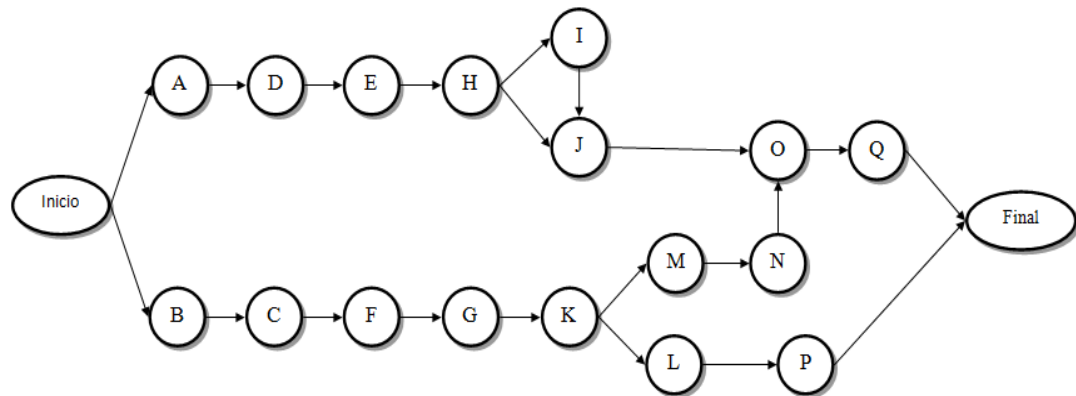
| | | | |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|
| F | Desmontaje y extracción de tanque colector de aguas residuales y de bombas maceradoras de descarga en espacio vacío Er. | C | 20 |
| G | Desmontaje y extracción de tanque colector de aguas residuales y de bombas maceradoras de descarga en espacio vacío Br. | F | 20 |
| H | Colocación e instalación de cajas interfaz de vacío. | E | 2 |
| I | Instalación de inodoros de funcionamiento por vacío. | H | 20 |
| J | Instalación de tuberías de achique de aguas negras para el sistema por vacío Entrecubierta 1 Garaje. | H, I | 60 |
| K | Fabricación de plataforma y pasarelas de acceso para la planta séptica. | G | 36 |
| L | Fabricación y colocación soporte para unidad modular de vacío de aguas negras. | K | 4 |
| M | Colocación e instalación de la planta séptica. | K | 18 |
| N | Instalación de generadores de vacío para aguas negras y aguas grises. | M | 3 |
| O | Instalación sistemas de tuberías en espacio vacío desde la cubierta 1 hasta la planta séptica en espacio vacío N°4 Er. | J, N | 12 |
| P | Recolocar y soldar planchas en superficie garaje (cesárea) en Br y Er. | L | 10 |
| Q | Montaje de planchas en techos Cubierta 1 Garaje. | O | 20 |

2.5.3.2. CALCULO PROGRAMACIÓN

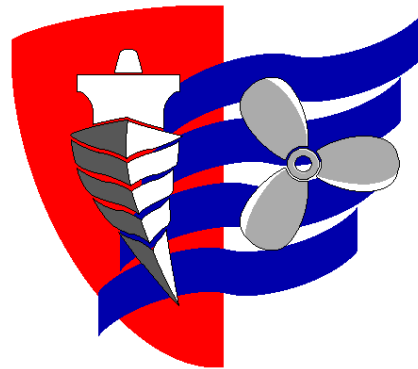
| Activity | Earliest star time | Earliest finish time | Lastest finish time | Lastest star time | Slack |
|----------|--------------------|----------------------|---------------------|-------------------|-------|
| INICIO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A | 0 | 16 | 16 | 0 | 0 |
| B | 0 | 4 | 27 | 23 | 23 |
| C | 4 | 8 | 31 | 27 | 23 |
| D | 16 | 34 | 34 | 16 | 0 |
| E | 34 | 46 | 46 | 34 | 0 |
| F | 8 | 28 | 51 | 31 | 23 |
| G | 28 | 48 | 71 | 51 | 23 |
| H | 46 | 48 | 48 | 46 | 0 |
| I | 48 | 68 | 68 | 48 | 0 |
| J | 68 | 128 | 128 | 68 | 0 |
| K | 48 | 84 | 107 | 71 | 23 |
| L | 84 | 88 | 150 | 146 | 62 |
| M | 84 | 102 | 125 | 107 | 23 |
| N | 102 | 105 | 128 | 125 | 23 |
| O | 128 | 140 | 140 | 128 | 0 |
| P | 88 | 98 | 160 | 150 | 62 |
| Q | 140 | 160 | 160 | 140 | 0 |
| FINAL | 160 | 160 | 160 | 160 | |

El tiempo de duración de la ejecución de la obra está determinado en un tiempo de 160 horas aproximadas con sus respectivas holguras entre cada actividad realizada.

2.5.3.3. GRAFOS ASOCIADOS AL PROYECTO



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

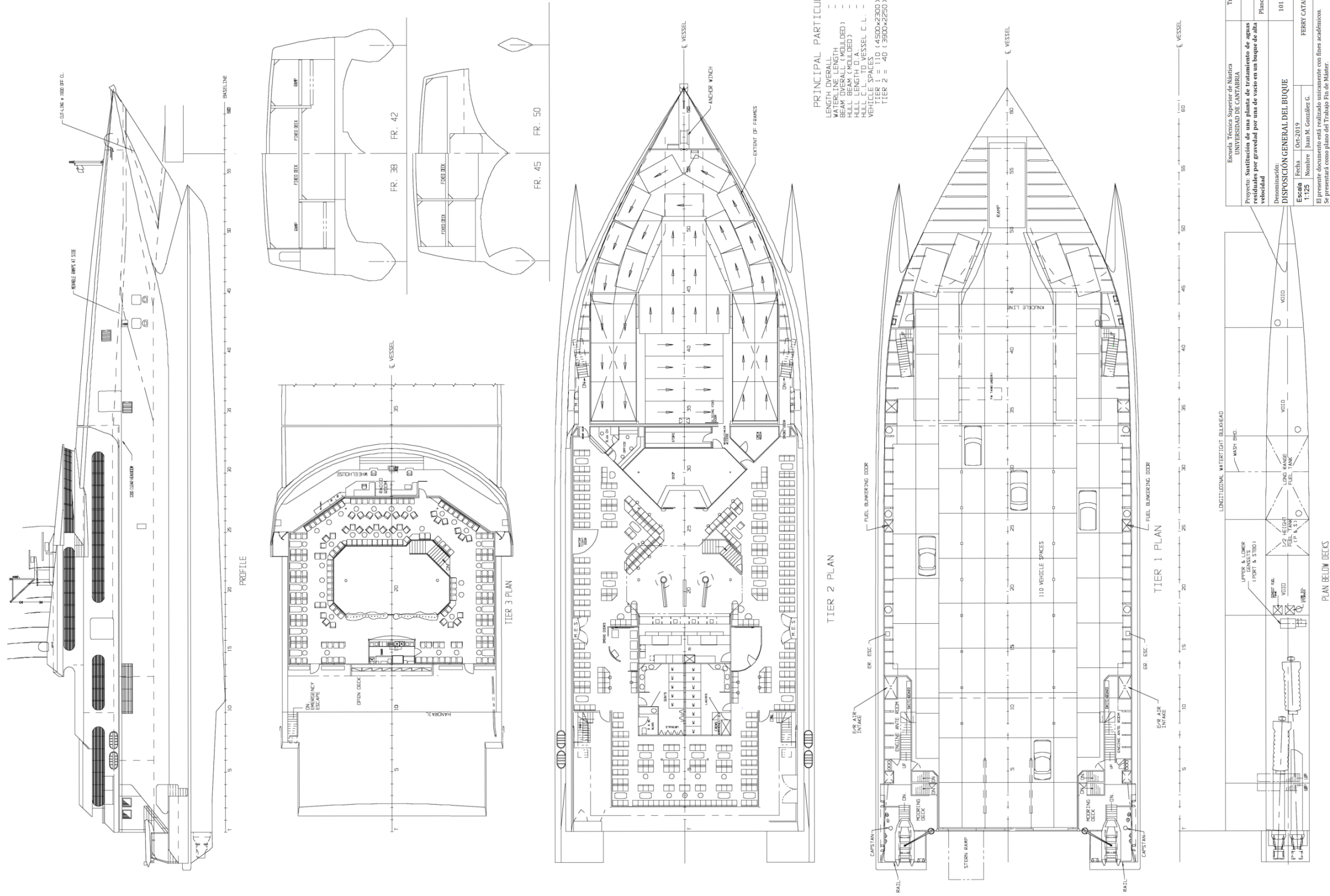


PLANOS

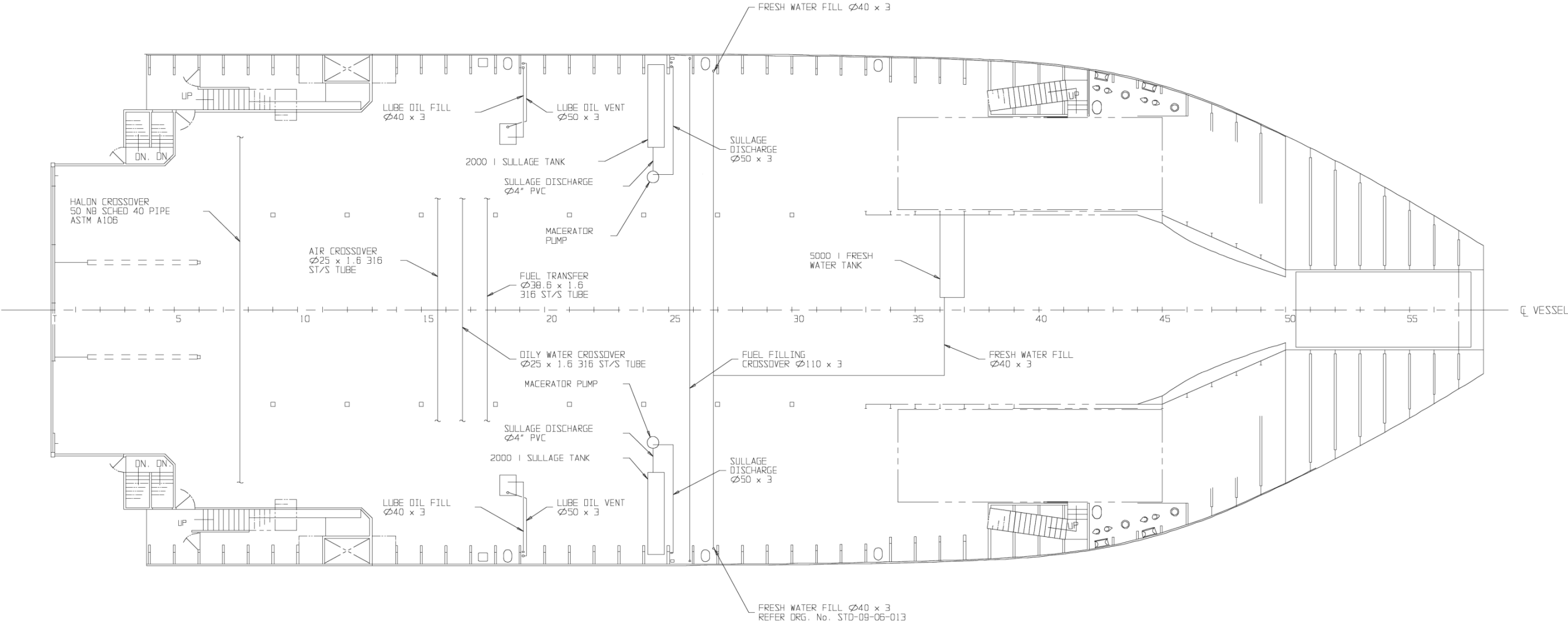
| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: PLANOS | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 96 DE 124 |

3. PLANOS

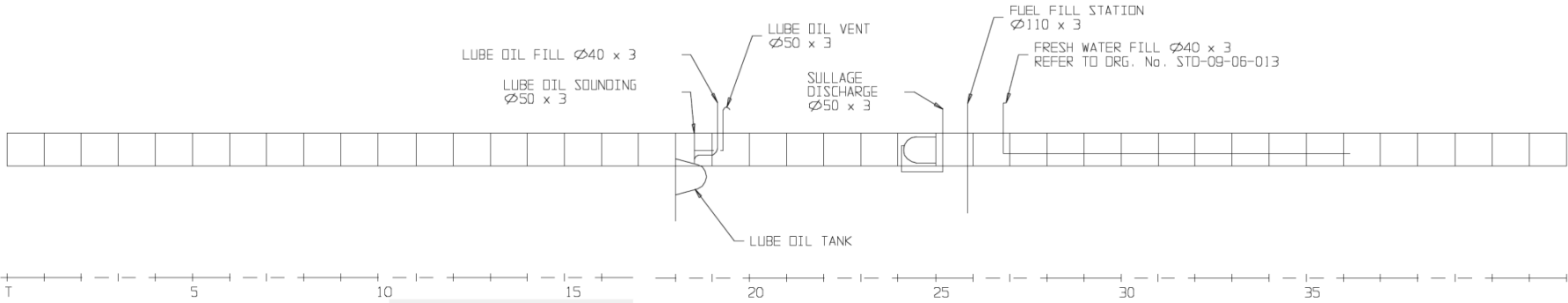
| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Plano 1. Disposición General del Buque..... | 97 |
| Plano 2. Diseño de General de Tuberías Espacios Vacíos Garaje..... | 98 |
| Plano 3. Diseño General de Tuberías Entrecubierta 1..... | 99 |
| Plano 4. Instalación Tanque Residuales..... | 100 |
| Plano 5. Punto de Descarga Fuera Borda de Aguas Residuales | 101 |
| Plano 6. Diseño Aseos Cubierta 2 | 102 |
| Plano 7. Nuevo Diseño Instalación Planta de Tratamiento de Aguas Residuales | 103 |
| Plano 8. Nuevo Diseño Instalación Tuberías de Aguas Negras | 104 |
| Plano 9. Nuevo Diseño Instalación Tuberías de Aguas Negras | 105 |



Plano 1. Disposición General del Buque



PLAN VIEW - VEHICLE DECK

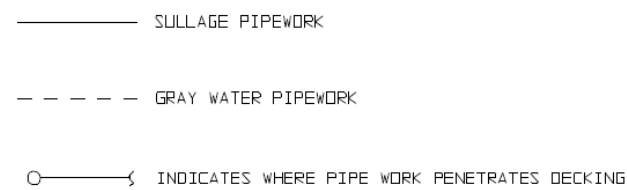
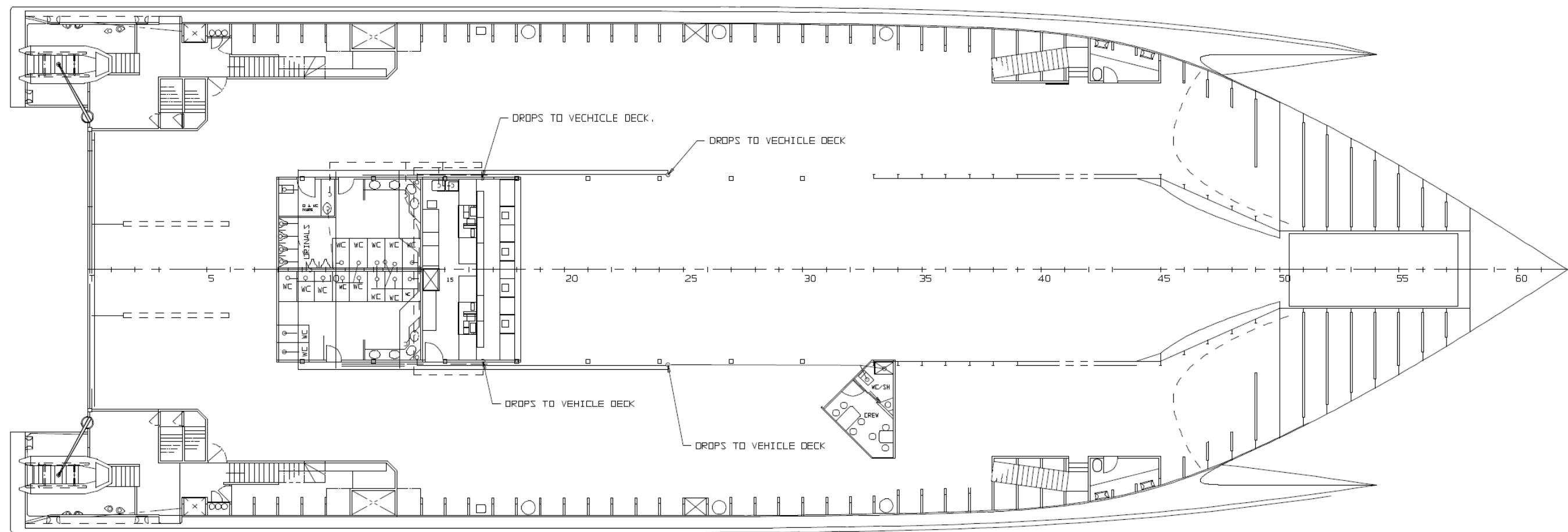


ELEVATION LOOKING INBOARD

(FROM STARBOARD SIDE)

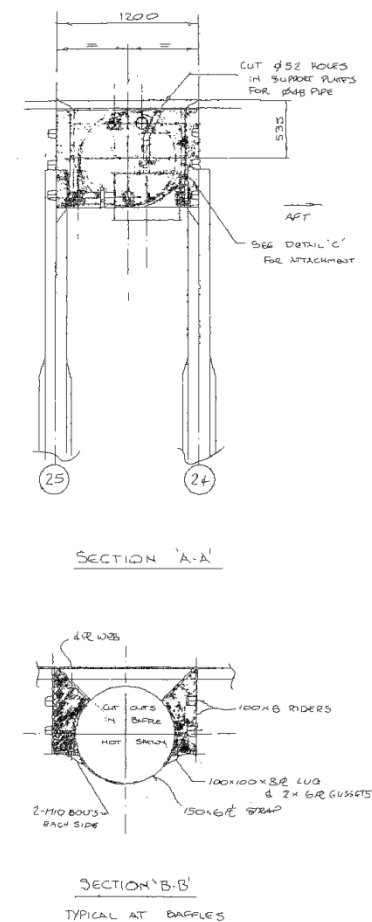
| | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------------------------------|---------------------------|
| Escuela Técnica Superior de Náutica UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | | | Trabajo fin de Máster Ingeniería Marina | |
| Proyecto: Sustitución de una planta de tratamiento de aguas residuales por gravedad por una de vacío en un buque de alta velocidad | | | Referencia | |
| | | | Plano | Cubierta |
| Denominación: DISEÑO DE TUBERÍAS (Combustible, Aceite, Agua Dulce, Aguas Residuales) | | | 102 | Espacios vacíos Garaje |
| Escala 1:100 | Fecha Marzo 2020 | FERRY CATAMARAN | | |
| Nombre | Juan Manuel González G. | | | |
| El presente documento está realizado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano de trabajo de fin de máster. Máster en Ingeniería Marina | | | | |

Plano 2. Diseño de General de Tuberías Espacios Vacíos Garaje



| | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------|
| Escuela Técnica Superior de Náutica UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | | | Trabajo fin de Máster Ingeniería Marina | |
| Proyecto: Sustitución de una planta de tratamiento de aguas residuales por gravedad por una de vacío en un buque de alta velocidad | | | Referencia | |
| | | | Plano | Cubierta |
| Denominación: Diseño General de Tuberías de Aguas Residuales | | | 103 | Espacios vacíos Entrecubierta 1 |
| Escala 1:100 | Fecha | Marzo 2020 | | FERRY CATAMARAN |
| | Nombre | Juan Manuel González G. | | |
| El presente documento está realizado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano de trabajo de fin de máster. Máster en Ingeniería Marina | | | | |

Plano 3. Diseño General de Tuberías Entrecubierta 1



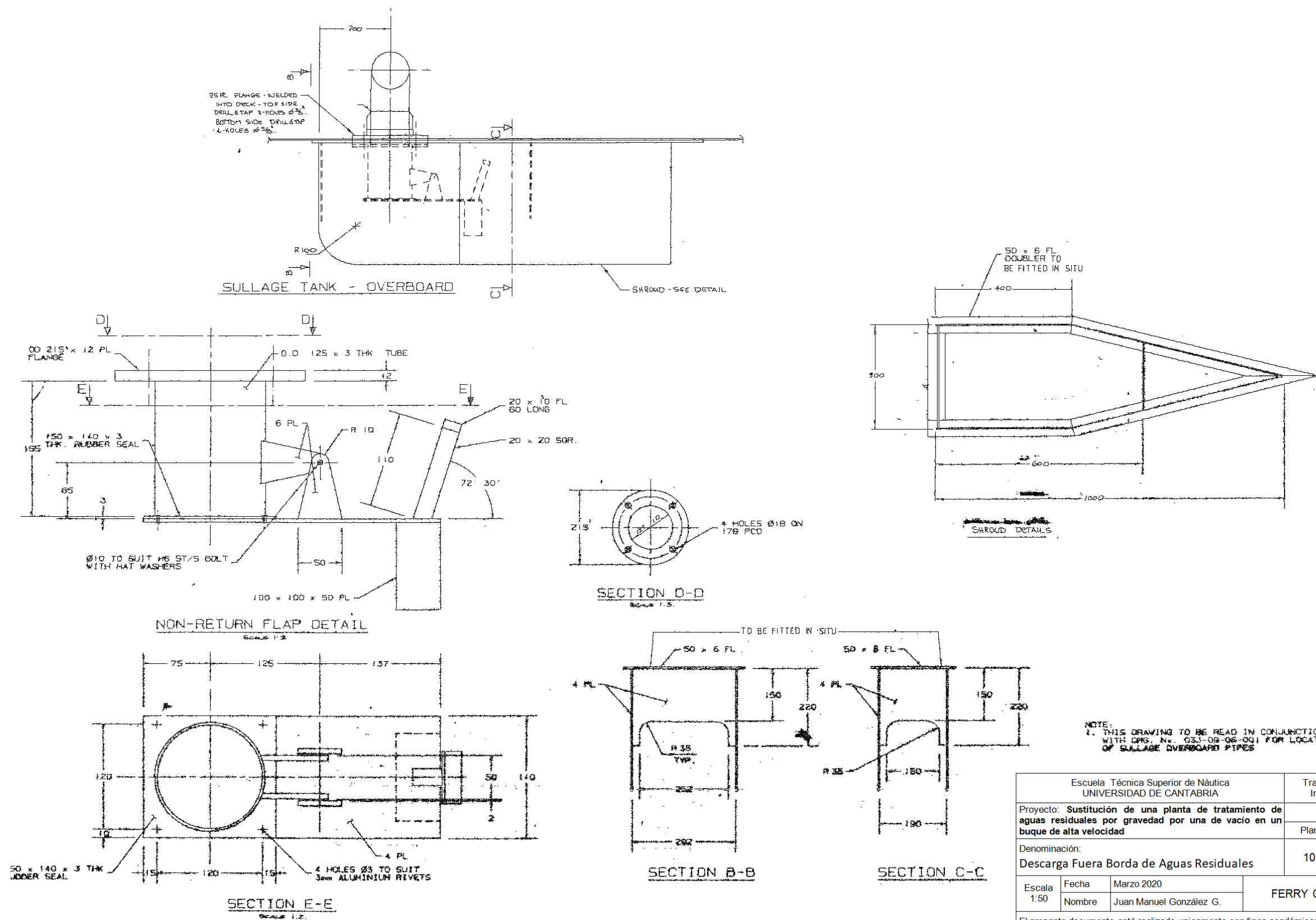
| | | | | |
|---|-----|------|--------------------------------------------|-----------|
| F | DJD | 1949 | DM. W. SEOR "A-A" ALTERED FROM 550 TO 535 | WL 8/3 |
| D | DJD | 1949 | SHIPPING NOTES ADDED TO DETAIL 'C' | |
| C | DJD | 1949 | SUPPORT DETAILS ADDED TO SHEET CONFORMED | LOCATIONS |
| B | DJD | 1949 | LOCATION ALTERED, SUPPORT DETAILS VARIED | |
| A | DAD | 2/18 | RETRACED & MODIFIED (REF CAD DRG BY A.W.C) | |

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------|------------------------------|
| Escuela Técnica Superior de Náutica UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | | Trabajo fin de Máster Ingeniería Marina | |
| Proyecto: Sustitución de una planta de tratamiento de aguas residuales por gravedad por una de vacío en un buque de alta velocidad | | Referencia | |
| | | Plano | Cubierta |
| Denominación: Instalación Tanque de Aguas Residuales | | 104 | Espacios vacíos 4Br y 4Er |

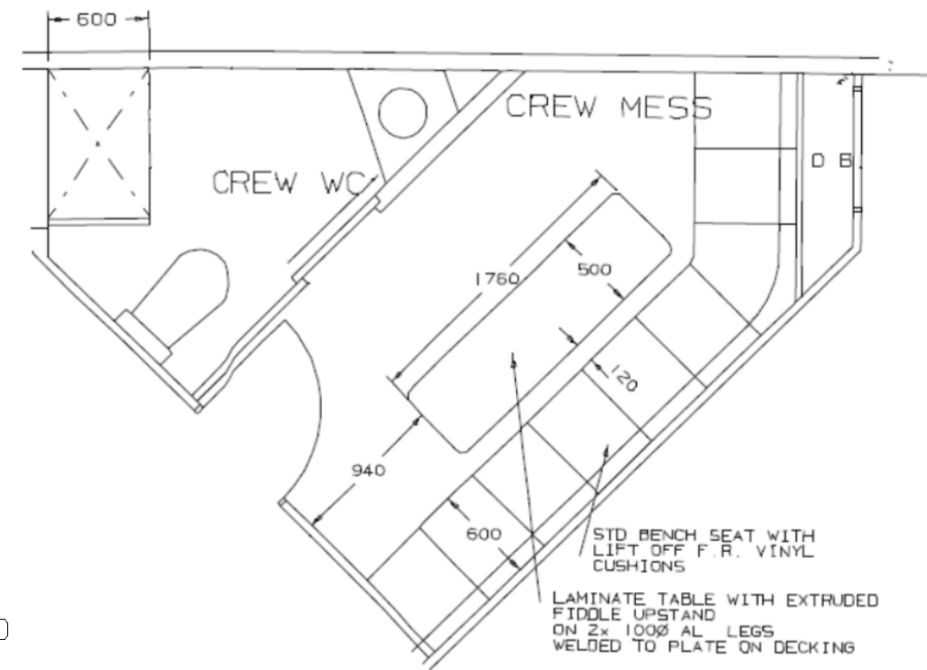
| | | |
|-----------------|-------------------------|--|
| Escala 1:100 | Fecha Marzo 2020 | |
| Nombre | Juan Manuel González G. | |

FERRY CANTAMARAN

El presente documento está realizado únicamente con fines académicos.
Se presentará como plano de trabajo de fin de máster. Máster en Ingeniería Marina



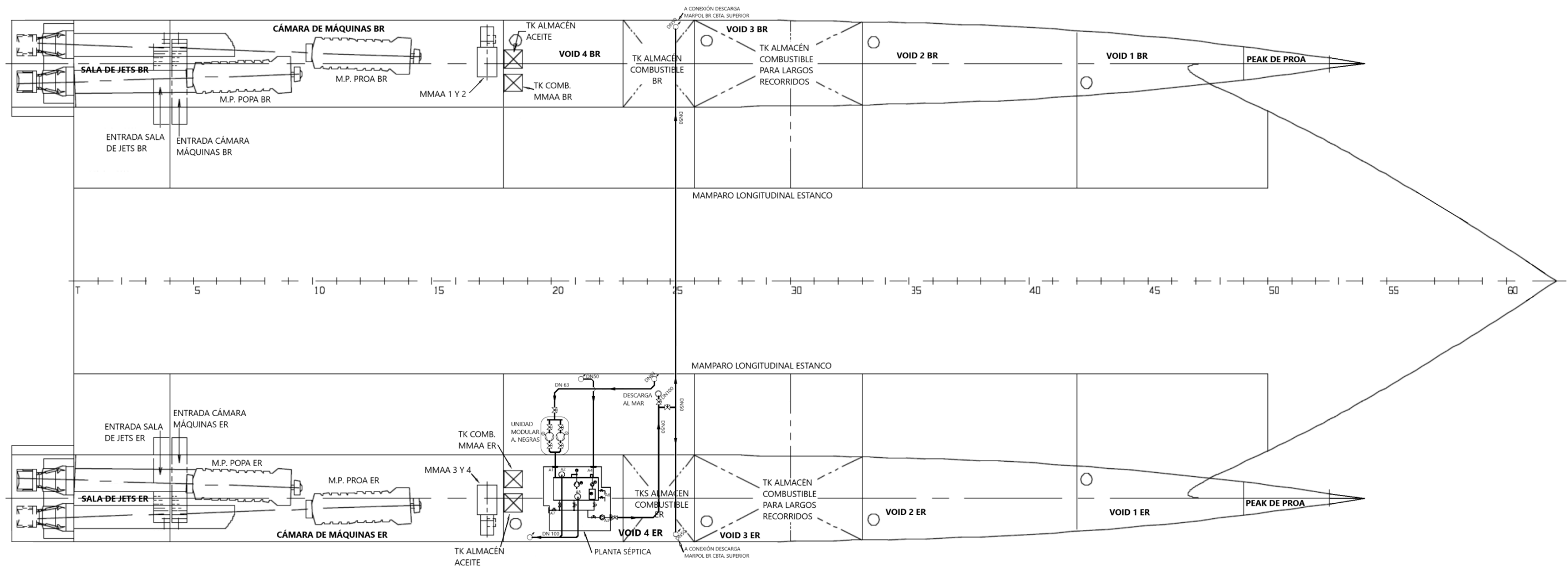
Plano 5. Punto de Descarga Fuera Borda de Aguas Residuales



DRAWING TO BE READ
IN CONJUNCTION WITH
DRWG STD. 09-32-029
TYPICAL TOILET BLOCK DETAILS

| | |
|----|-------------|
| M | MIRROR |
| LS | LIQUID SOAP |
| HD | HAND DRIER |

| | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------|--------------------------------------------|-----------------|
| Escuela Técnica Superior de Náutica UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | | | Trabajo fin de Máster Ingeniería Marina | |
| Proyecto: Sustitución de una planta de tratamiento de aguas residuales por gravedad por una de vacío en un buque de alta velocidad | | | Referencia | |
| | | | Plano | Cubierta |
| Denominación: Diseño Aseos Pasajeros y Tripulación | | | 106 | 2 |
| Escala 1:25 | Fecha | Marzo 2020 | | FERRY CATAMARAN |
| | Nombre | Juan Manuel González G. | | |
| El presente documento está realizado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano de trabajo de fin de máster. Máster en Ingeniería Marina | | | | |



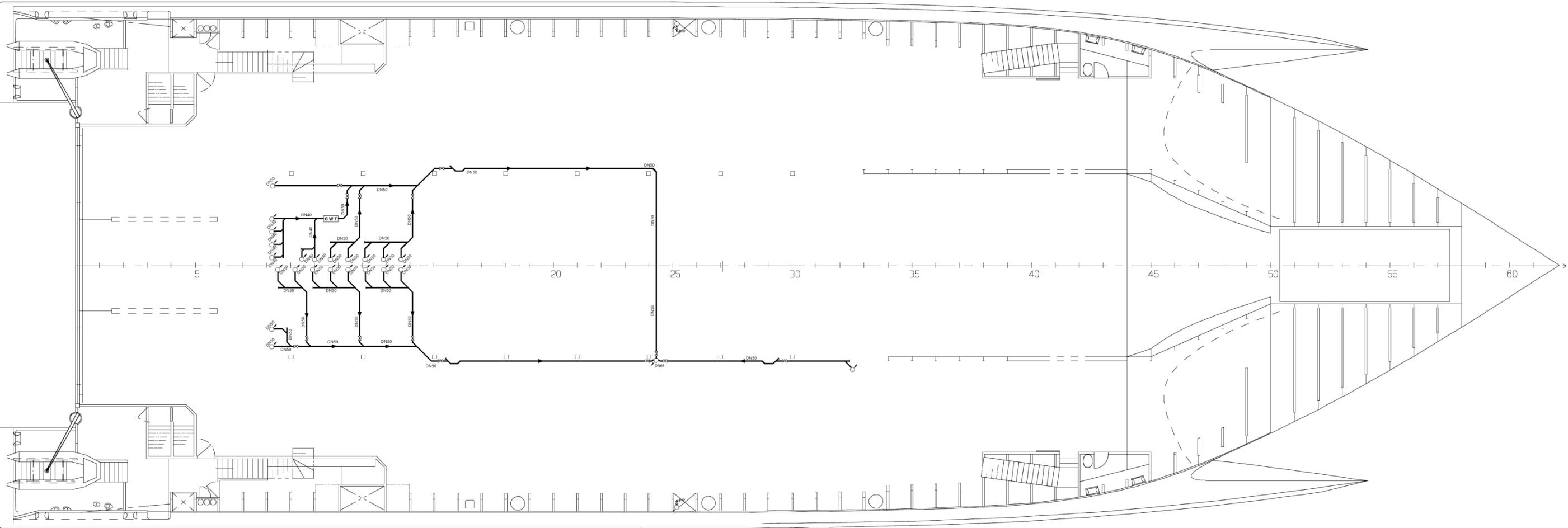
| DESIGNACIÓN | SÍMBOLO GRÁFICO O REPRESENTACIÓN SIMPLIFICADA | REFERENCIA |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------|
| TUBERÍA DE AGUAS NEGRAS | | - |
| DISPOSITIVO DE CIERRE EN GENERAL | | ISO 4067-1 |
| TANQUES | | - |
| BOMBA DE LÍQUIDO EN GENERAL | | ISO 4067-1 |
| BOMBA DE VACÍO | | ISO 10628 |
| PERFORACIÓN CON TUBERÍA A CUBIERTA SUPERIOR | | - |
| BOCA DE SALIDA POR EL CASCO DE AGUAS RESIDUALES | | - |

PUNTOS DE CONEXIÓN PLANTA SÉPTICA

- A1.- ENTRADA AGUAS NEGRAS
- A2.- DESAIREACIÓN
- A3.- DESCARGA BBAS AGUA TRATADA
- A4.- ENTRADA AGUAS GRISES
- A5.- REBOSE
- A6.- VACIADO
- A7.- CONEXIÓN PARA LAVADO

| | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------|--------------------------------------------|----------|
| Escuela Técnica Superior de Náutica UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | | | Trabajo fin de Máster Ingeniería Marina | |
| Proyecto: Sustitución de una planta de tratamiento de aguas residuales por gravedad por una de vacío en un buque de alta velocidad | | | Referencia | |
| | | | Plano | Cubierta |
| Denominación: Diseño Instalación Planta Tratamiento Aguas Residuales | | | 107 | 0 |
| Escala 1:100 | Fecha | Marzo 2020 | FERRY CATAMARAN | |
| | Nombre | Juan Manuel González G. | | |
| El presente documento está realizado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano de trabajo de fin de máster. Máster en Ingeniería Marina | | | | |

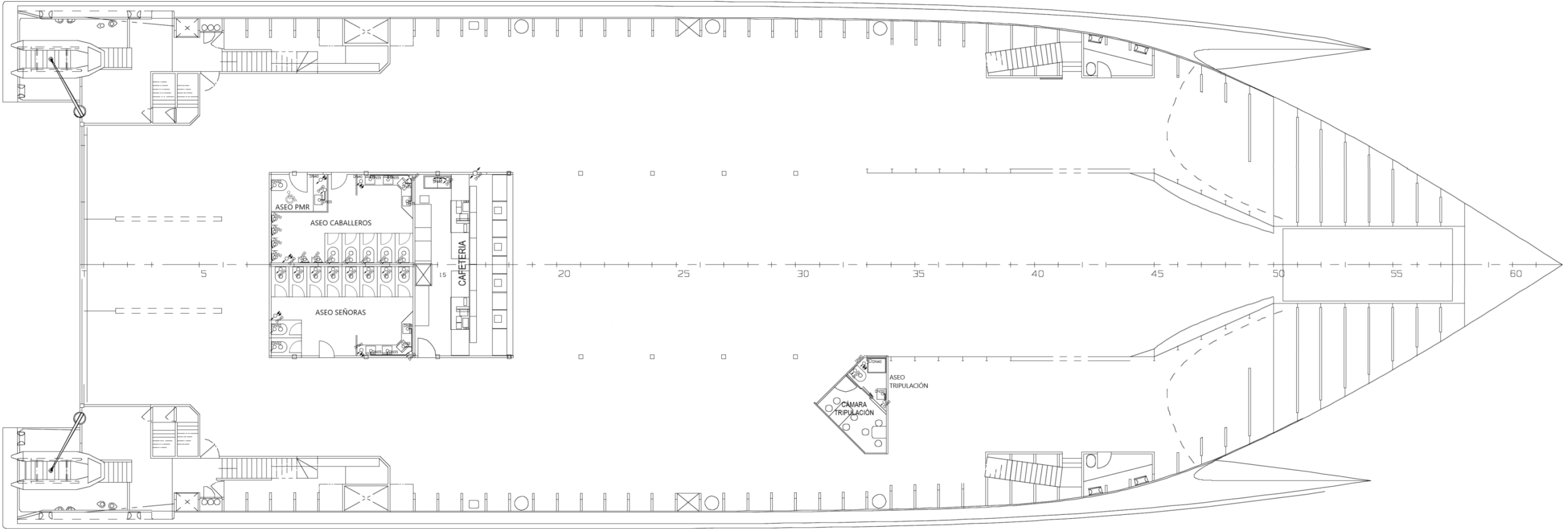
Plano 7.Nuevo Diseño Instalación Planta de Tratamiento de Aguas Residuales



| DESIGNACIÓN | SÍMBOLO GRÁFICO O REPRESENTACIÓN SIMPLIFICADA | REFERENCIA |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------|
| TUBERÍA DE AGUAS NEGRAS | | - |
| DISPOSITIVO DE CIERRE EN GENERAL | | ISO 4067-1 |
| TANQUE INTERFAZ CON MECANISMO DE ACCIONAMIENTO POR VACÍO | | - |
| PERFORACIÓN CON TUBERÍA A CUBIERTA SUPERIOR | | - |
| PERFORACIÓN CON TUBERÍA A CUBIERTA INFERIOR | | - |
| TAPÓN PARA DISPOSITIVO DE LIMPIEZA | | - |

| | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|--|--------------------------------------------|----------|
| Escuela Técnica Superior de Náutica UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | | | | Trabajo fin de Máster Ingeniería Marina | |
| Proyecto: Sustitución de una planta de tratamiento de aguas residuales por gravedad por una de vacío en un buque de alta velocidad | | | | Referencia | |
| | | | | Plano | Cubierta |
| Denominación: Diseño Instalación Tuberías Achique Aguas Negras | | | | 108 | 1 |
| Escala 1:100 | Fecha Marzo 2020 | FERRY CATAMARAN | | | |
| Nombre | Juan Manuel González G. | | | | |
| El presente documento está realizado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano de trabajo de fin de máster. Máster en Ingeniería Marina | | | | | |

Plano 8. Nuevo Diseño Instalación Tuberías de Aguas Negras

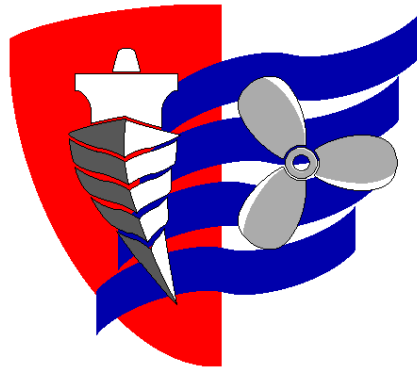


| DESIGNACIÓN | SÍMBOLO GRÁFICO O REPRESENTACIÓN SIMPLIFICADA | REFERENCIA |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------|
| INODORO | | ISO 4067-2 ISO 1964 |
| URINARIO | | ISO 4067-2 ISO 1964 |
| DESAGUE CON SIFÓN ANTI-DOLOR | | ISO 538 |
| LAVABOS, LAVAMANOS | | ISO 4067-2 ISO 1964 |
| PLATOS DE DUCHA | | ISO 4067-2 |
| FREGADEROS DE COCINA DOBLE | | - |
| PERFORACIÓN CON TUBERÍA A CUBIERTA SUPERIOR | | - |
| PERFORACIÓN CON TUBERÍA A CUBIERTA INFERIOR | | - |
| PERFORACIÓN CON TUBERÍA ENTRE DOS CUBIERTAS | | - |
| DISPOSITIVO DE CIERRE EN GENERAL | | ISO 4067-1 |

| | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------|--|--------------------------------------------|----------|
| Escuela Técnica Superior de Náutica UNIVERSIDAD DE CANTABRIA | | | | Trabajo fin de Máster Ingeniería Marina | |
| Proyecto: Sustitución de una planta de tratamiento de aguas residuales por gravedad por una de vacío en un buque de alta velocidad | | | | Referencia | |
| | | | | Plano | Cubierta |
| Denominación: Diseño Instalación Tuberías Achique Aguas Negras | | | | 109 | 2 |
| Escala 1:100 | Fecha | Marzo 2020 | | FERRY CATAMARAN | |
| | Nombre | Juan Manuel González G. | | | |
| El presente documento está realizado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano de trabajo de fin de máster. Máster en Ingeniería Marina | | | | | |

Plano 9. Nuevo Diseño Instalación Tuberías de Aguas Negras

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



PLIEGO DE CONDICIONES

4. PLIEGO DE CONDICIONES

4.1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

4.1.1. CONDICIONES GENERALES

El presente pliego de condiciones tiene por objeto definir al Astillero, el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa del mismo. Determina los requisitos a los que se debe de ajustar la ejecución de la obra a realizar, así como del resto de sistemas y elementos que se encargan de su correcto funcionamiento de una forma segura.

El Astillero está obligado al cumplimiento de la reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación de un seguro obligatorio, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular deberá cumplir lo dispuesto en la norma UNE 24042 “*Contratación de Obras. Condiciones Generales*”, siempre que no lo modifique el presente pliego.

4.1.2. MANDOS Y RESPONSABILIDADES:

Jefe de obra:

El contratista dispondrá a pie de obra de un técnico cualificado, quien ejercerá como Jefe de Obra, controlará y organizará los trabajos objeto del contrato siendo el interlocutor válido frente a la propiedad.

Vigilancias:

El contratista será el único responsable de la vigilancia de los trabajos que tenga contratados hasta su recepción provisional.

Limpieza:

El contratista mantendrá en todo momento el recinto de la obra libre de acumulación de materiales de desecho, desperdicios o escombros debiendo retirarlos a medida que estos se produzcan.

Al abandonar el trabajo cada día deberá dejarse el puesto y las zonas de trabajo ordenadas.

Será por cuenta del contratista el suministro, la distribución y el consumo de todas las energías y fluidos provisionales que sean necesarios para el correcto y normal desarrollo de los trabajos objeto de su oferta.

Subcontratación:

El contratista podrá subcontratar parcialmente las obras contratadas, en todo caso el contratista responderá ante la Dirección Facultativa de Obra y la Propiedad de la labor de sus subcontratistas como si fuese labor propia. La propiedad podrá recusar antes la contratación, cualquiera de las subcontratas que el subcontratista tenga previsto utilizar, teniendo este la obligación de presentar nombres alternativos.

4.1.3. REGLAMENTOS Y NORMAS

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los reglamentos de seguridad y normas técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalación, tanto de ámbito internacional, como nacional o autonómico, así como todas las otras que se establezcan en la memoria descriptiva del mismo.

Se adaptarán además a las presentes condiciones particulares que complementarán las indicadas por los reglamentos y normas citadas.

4.1.4. MATERIALES

Todos los materiales empleados serán de primera calidad. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normas técnicas generales, así como todas las relativas a la conservación de los mismos atendiendo a las particularidades de un medio hostil como es el marino.

En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el Astillero que realizará las obras tendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Técnico Director de Obra, quien decidirá sobre el particular. En ningún caso podrá suplir la falta directamente y por decisión propia sin la autorización expresa.

4.1.5. RECEPCIÓN DEL MATERIAL

El Director de Obra de acuerdo con el Astillero dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta. La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Astillero. El control de calidad correrá por cuenta del contratista de la obra de acuerdo a la legislación vigente. El control de calidad comprenderá los siguientes aspectos:

- Control de materias primas.
- Control de equipos o materiales suministrados a obra.
- Calidad de ejecución de las obras (construcción y montaje).
- Calidad de la obra terminada (inspección y pruebas).

Si en cualquier momento durante la ejecución de las obras o durante el periodo de garantía, la Dirección del Proyecto detectase que algún material o unidad de obra no cumple con los requisitos de calidad exigidos, podrá exigir al contratista su demolición y posterior reconstrucción. Todos los costes derivados de estas tareas serán por cuenta del Contratista, quien no tendrá derecho a presentar reclamación alguna por este concepto.

En cuanto a las muestras, será el contratista el que deberá presentarlas para su aprobación con la antelación suficiente para no retrasar el comienzo de la actividad correspondiente, la dirección del proyecto tiene un plazo de tres días para dar su visto bueno o parar exigir el cambio si la pieza presentada no cumpliera todos los requisitos. Si las muestras fueran rechazadas, el contratista deberá presentar nuevas muestras, de tal manera que el plazo de aprobación por parte de la dirección de obra no afecte al plazo de ejecución de las obras. Cualquier retraso que se origine por el rechazo de los materiales será considerado como imputable al Contratista.

4.1.6. ORGANIZACIÓN

El Astillero actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades que le correspondan y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas y en general, a todo cuanto legisle en

decretos u órdenes sobre el particular ante o durante la ejecución de la obra. Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la obra así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Astillero a quien le corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Astillero, sin embargo, deberá informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes de éste en relación con datos extremos.

4.1.7. INTERPRETACIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO

La interpretación técnica de los documentos del proyecto corresponde al Técnico Director de Obra. El Astillero está obligado a someter a éste a cualquier duda, aclaración o discrepancia que surja durante la ejecución de la obra por causa del proyecto, o circunstancias ajenas, siempre con la suficiente antelación en función de la importancia del asunto con el fin de darlo solución lo antes posible.

El Astillero se hace responsable de cualquier error motivado por la omisión de esta obligación y consecuentemente deberá rehacer a su costa los trabajos que correspondan a la correcta interpretación del proyecto. El Astillero está obligado a realizar todo cuanto sea necesario para la buena ejecución de la obra aun cuando no se halle explícitamente reflejado en el pliego de condiciones o en los documentos del proyecto.

El Astillero notificará por escrito o en persona directamente al Director de Obra y con suficiente antelación las fechas en que quedarán preparadas para la inspección cada una de las partes de la obra para las que se ha indicado necesidad o conveniencia de las mismas o para aquellas que parcial o totalmente deban quedar ocultas.

4.1.8. OBRAS COMPLEMENTARIAS

El Astillero tiene la obligación de realizar todas las obras complementarias que sean indispensables para ejecutar cualquiera de las unidades de obra específicas en cualquiera de los documentos del proyecto, aunque en el mismo no figuren explícitamente mencionadas dichas complementarias, todo ello son variación del importe contratado.

4.1.9. MODIFICACIONES

El Astillero está obligado a realizar las obras que se encarguen resultantes de las posibles modificaciones del proyecto, tanto en aumento como en disminución o simplemente variación, siempre y cuando el importe de las mismas no altere en más o menos de un 25% del valor contratado.

La valoración de los mismos se hará de acuerdo con los valores establecidos en el presupuesto entregado por el Astillero y que ha sido tomado como base del contrato.

El Director de Obra está facultado para introducir las modificaciones que considere oportunas de acuerdo a su criterio, en cualquier unidad de obra, durante la construcción, siempre que cumpla las condiciones técnicas referidas al proyecto y de modo que no varíe el importe total de la obra.

4.1.10. OBRA DEFECTUOSA

Cuando el Astillero halle cualquier unidad de obra que no se ajuste a lo especificado en el Proyecto o en este Pliego de Condiciones, el Director de Obra podrá aceptarlo o rechazarlo; en el primer caso, este fijará el precio que crea justo con arreglo a las diferencias que hubiera, estando el Astillero obligado a aceptar dicha valoración. En el otro caso, se reconstruirá a expensas del Astillero la parte mal ejecutada cuantas veces sean necesarias sin que ello sea motivo de una reclamación económica o de ampliación del plazo de ejecución.

4.1.11. MEDIOS AUXILIARES

Serán por cuenta del Astillero todos los medios y maquinarias auxiliares que sean necesarias para la ejecución de la Obra. En el uso de los mismos, estará obligado a cumplir todos los Reglamentos de Seguridad e Higiene en el trabajo vigentes y a utilizar los medios de protección adecuados para sus operarios. En el caso de rescisión por incumplimiento de contrato por parte del Astillero, podrán ser utilizados libre y gratuitamente por la dirección de obra hasta la finalización de los trabajos.

4.1.12. SUBCONTRATACIÓN DE OBRAS

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que, de su naturaleza y condiciones se deduzca que la obra ha de ser ejecutada directamente por el Astillero, podrá este concretar con terceros la realización de determinadas unidades de obra, previo conocimiento por escrito al Director de Obra. Los gastos derivados de la subcontratación correrán a cargo del Astillero.

4.1.13. CONTRATO

El contrato se formalizará mediante contrato privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado así como la reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución, estas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el proyecto técnico de la obra serán incorporados al contrato y tanto el Astillero como el propietario deberán firmarlos en testimonio de que los conocen y aceptan.

4.1.14. RESPONSABILIDADES

El Astillero elegido será el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas del proyecto y en el contrato. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la desinstalación de las partes mal ejecutadas y a

su reinstalación correcta, sin que sirva de excusa que el Director de Obra haya examinado y reconocido las obras.

El Astillero es el único responsable de todas las contravenciones que se cometan (incluyendo su personal) durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas. También es responsable de los accidentes o daños que, por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados, se produzcan a la propiedad, a los vecinos o terceros en general.

El Astillero es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral respecto su personal y por lo tanto, de los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

4.2. PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS

4.2.1. MEDICIONES Y VALORACIONES DE LAS OBRAS

El Astillero verificará los planos y efectuará las mediciones correspondientes.

En caso de hallar anomalías reclamará al Director de Obra y éste lo comunicará a la parte interesada.

El Astillero se pondrá de acuerdo con el Director de Obra y la parte interesada, volviendo a verificar las anomalías y en su caso se tomarán las medidas oportunas. Tal fin pretende asegurar la continuidad de las obras, sin que falte material para su ejecución y evitando de esta forma posibles retrasos.

4.2.2. ABONO DE LAS OBRAS

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos en que se abonarán las obras realizadas. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No

suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

4.2.3. PRECIOS

El Astillero presentará, al formalizarse el contrato, la relación de los precios de las unidades de obra que integren el proyecto, los cuales de ser aceptados tendrán valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que pueda haber.

En caso de tener que realizarse unidades de obra no previstas en el proyecto se fijará su precio entre el Director de Obra y el Astillero, antes de iniciar la obra, y se presentará al propietario para su aceptación o no.

4.2.4. REVISIÓN DE PRECIOS

En el contrato se establecerá si el Astillero tiene derecho a revisión de precios y la fórmula a aplicar para calcularla. En defecto de esta última, se aplicará a juicio del Director de Obra alguno de los criterios oficiales aceptados.

4.2.5. PENALIZACIONES POR RETRASOS

Por retrasos en los plazos de entrega de la obra, se podrán establecer tablas de penalización cuyas cuantías y demoras se fijarán en el contrato. Estas cuantías podrán, bien ser cobradas a la finalización de las obras, bien ser descontadas de la liquidación final.

4.2.6. LIQUIDACIÓN EN CASO DE RESCISIÓN DEL CONTRATO

Siempre que se rescinda el contrato por las causas anteriormente expuestas, o bien por el acuerdo de ambas partes, se abonarán al Astillero las unidades de obra ejecutadas y los materiales acopiados a pie de obra y que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

Cuando se rescinda el contrato, llevará implícito la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación, el periodo de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha de la nueva adjudicación.

4.2.7. FIANZA

En el contrato se establecerá la fianza que el Astillero deberá depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá una retención sobre los pagos realizados a cuenta de la obra realizada.

De no estipularse la fianza en el contrato, se entiende que se adoptará como garantía una retención del 5% sobre los pagos a cuenta citados.

En el caso de que el Astillero se negase a realizar por su cuenta los trabajos por ultimar la obra en las condiciones contratadas o atender la garantía, la propiedad podrá ordenar ejecutarlas a un tercero, abonando su importe con cargo a la retención o fianza, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la propiedad si el importe de la fianza no bastase.

4.2.8. CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA

Correrán por cuenta del Astillero los gastos derivados de la conservación de la obras durante el plazo de garantía. En este periodo, las obras deberán estar en perfectas condiciones, condición indispensable para la recepción definitiva de las mismas.

El Astillero no podrá reclamar indemnización alguna por dichos gastos, que se suponen incluidos en las diversas unidades de obra.

4.2.9. MEDIDAS DE SEGURIDAD

El Astillero deberá cumplir en todo momento las leyes y regulaciones relativas a seguridad e higiene en el trabajo. El incumplimiento de estas, será objeto de sanción, siguiendo las especificaciones redactadas en el contrato, donde vendrán reflejadas las distintas cuantías en función de la falta detectada.

4.2.10. DEMORAS

Al encargarse el trabajo, se fijará por ambas partes, el programa con la fecha de inicio y de terminación.

El Astillero pondrá los medios necesarios para ello, que deberán ser aceptados por la propiedad.

Solo se considerarán demoras excusables los retrasos o interrupciones imputables a causas de fuerza mayor, tales como huelgas generales, catástrofes naturales etc.

En el caso de que el Astillero incurra en demoras no excusables, le serán aplicadas las siguientes sanciones:

- Por retraso en la incorporación del personal y otros medios necesarios para la finalización del trabajo: desde un 1% hasta un máximo de 5% por día de retraso.
- Por retraso en la finalización de los trabajos o retrasos en los trabajos intermedios que expresamente se indiquen: desde un 1% de la facturación de estos encargos con un tope de un 5% por cada día de retraso.
- Por incumplimiento en la limpieza y orden de las instalaciones: 400 € la primera vez, aumentando en otros 400 € las sucesivas hasta un máximo de tres veces, a partir de la cual se procederá a restituir por la propiedad las condiciones de limpieza y orden, cargando el coste al Astillero.

4.3. PLIEGO DE CONDICIONES FACULTATIVAS

4.3.1. NORMAS A SEGUIR

Las obras a realizar estarán de acuerdo y se guiarán por las siguientes normas además de lo descrito en este pliego de condiciones:

- Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, del 25 de Noviembre.
- Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos en que sea procedente su aplicación al contrato que se trate.
- Ordenanzas Generales de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada por Orden del 9/3/71 del Ministerio de Trabajo.
- Normas UNE.
- Plan Nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.

- Normas de la compañía suministradora de los materiales.
- Lo indicado en este Pliego de Condiciones con preferencia a todos los códigos.

4.3.2. PERSONAL

El Astillero tendrá al frente de la obra un encargado con autoridad sobre los demás operarios y conocimientos acreditados y suficientes para la ejecución de la obra.

El encargado recibirá cumplirá y transmitirá las instrucciones y órdenes al Director de Obra.

El Astillero tendrá en la obra, además del personal que requiera el Director de Obra, el número y clase de operarios que hagan falta para el volumen y naturaleza de los trabajos que se realicen, los cuales serán de reconocida aptitud y experimentados en el oficio.

4.3.3. CONDICIÓN, ADMISIÓN Y RETIRADA DE MATERIALES

Todos los materiales empleados en este proyecto, y de los cuales se hará mención, deberán ser de la mejor calidad conocida dentro de su clase.

No se procederá al empleo de los materiales sin que estos sean examinados y aceptados en los términos que prescriben las respectivas condiciones estipuladas para cada clase de material. Esta misión será efectuada por el Director de Obra.

Se cumplirán todos los análisis, ensayos y pruebas con los materiales y elementos de obra que ordene el Director de Obra.

4.3.4. RECONOCIMIENTOS Y ENSAYOS PREVIOS

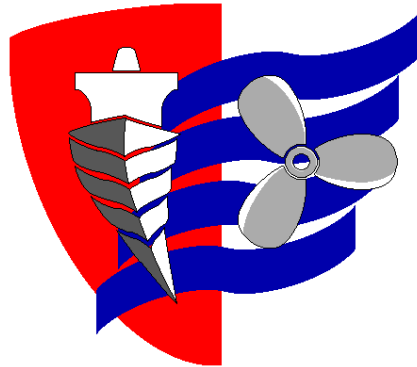
Cuando lo estime oportuno el Director de Obra, podrá encargar y ordenar análisis, ensayo o comprobación de los materiales, elementos o instalaciones, bien sea en fábrica de origen, laboratorios oportunos o en la misma obra, según crea más conveniente, aunque estos no estén indicados en el pliego.

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: PLIEGO DE CONDICIONES | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 118 DE 124 |

En el caso de discrepancia, los ensayos o pruebas se efectuarán en el laboratorio que el Director de Obra designe.

Los gastos ocasionados por estas pruebas y comprobaciones, serán por cuenta del Astillero.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



MEDICIONES Y PRESUPUESTO

5. MEDICIONES

5.1. MATERIAL A EMPLEAR

5.1.1. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

| Concepto | Cantidad | Importe | Total |
|----------------------------------------|----------|-------------|--------------------|
| Planta de tratamiento aguas residuales | 01 | 21.130,00 € | 21.130,00 € |
| Unidad generadora de vacío | 01 | 6.885,00 € | 6.885,00 € |
| | | | 28.015,00 € |

5.1.2. DISPOSITIVOS CON MECANISMOS DE ACCIONAMIENTO POR VACÍO

| Concepto | Cantidad | Importe | Total |
|-------------------------------------------------|----------|----------|--------------------|
| Inodoro con accionamiento por vacío | 17 | 647,50 € | 11.007,50 € |
| Caja interfaz con mecanismo accionado por vacío | 01 | 732,00 € | 732,00 € |
| | | | 11.739,50 € |

5.1.3. TUBERÍAS

| Concepto | Cantidad | Importe | Total |
|----------------------------------|----------|---------|-----------------|
| Tubo rígido PVC PN16 50 mm x 5 m | 75 | 4,31 € | 323,25 € |
| Tubo rígido PVC PN16 63 mm x 6 m | 48 | 6,49 € | 311,52 € |
| Tubo flexible PVC 50 mm x 1 m | 08 | 2,95 € | 23,60 € |
| | | | 658,37 € |

5.1.4. CONEXIONES

| Concepto | Cantidad | Importe | Total |
|-----------------------------------------------|----------|---------|---------|
| Manguito rígido liso PVC 50 mm, hembra-hembra | 12 | 2,21 € | 26,52 € |
| Manguito rígido liso PVC 63 mm, hembra-hembra | 06 | 3,22 € | 19,32 € |
| Codo 90º rígido PVC 50 mm, hembra-hembra | 06 | 2,27 € | 13,62 € |

| | | | |
|-----------------------------------------------|----|--------|-----------------|
| Codo 45° rígido PVC 40 mm, hembra-hembra | 10 | 2,43 € | 24,30 € |
| Codo 45° rígido PVC 50 mm, hembra-hembra | 60 | 3,06 € | 183,60 € |
| Codo 45° rígido PVC 63 mm, hembra-hembra | 06 | 4,69 € | 28,14 € |
| Curva 90° rígida PVC 50 mm, hembra-hembra | 38 | 3,86 € | 146,68 € |
| Curva 90° rígida PVC 63 mm, hembra-hembra | 03 | 6,21 € | 18,63 € |
| Derivación 90° rígida PVC 50 mm, hembra | 02 | 4,63 € | 9,26 € |
| Derivación 45° rígida PVC 50 mm, hembra | 30 | 3,61 € | 108,30 € |
| Derivación 45° rígida PVC 63 mm, hembra | 04 | 5,16 € | 20,64 € |
| Casquillo reductor PVC 63-50 mm, macho-hembra | 06 | 1,77 € | 10,62 € |
| Manguitos porta bridas PVC 50 mm hembra | 02 | 2,35 € | 4,70 € |
| Brida PVC 50 mm | 02 | 8,06 € | 16,12 € |
| | | | 630,45 € |

5.1.5. ACCESORIOS

| Concepto | Cantidad | Importe | Total |
|---------------------------------------------|----------|---------|-----------------|
| Abrazadera soporte tubería 50 mm | 100 | 1,53 € | 153,00 € |
| Abrazadera soporte tubería 63 mm | 60 | 1,88 € | 112,80 € |
| Tapón de registro 50 mm | 12 | 1,30 € | 15,60 € |
| Tapón de registro 63 mm | 02 | 1,65 € | 3,30 € |
| Pegamento PVC gel frasco con brocha 1000 ml | 02 | 12,89 € | 25,78 € |
| | | | 310,48 € |

5.1.6. VÁLVULAS

| Concepto | Cantidad | Importe | Importe |
|----------------------------------------------|----------|---------|----------|
| Válvula de bola Standard PVC-U PE-EPDM 50 mm | 19 | 13,79 € | 262,01 € |
| Válvula de bola Standard PVC-U PE-EPDM 63 mm | 04 | 18,76 € | 75,04 € |

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| SUSTITUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR GRAVEDAD POR UNA DE VACÍO EN UN BUQUE DE ALTA VELOCIDAD | REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO | |
| | FECHA: 06/03/2020 | |
| | REV: 00 | PÁGINA 122 DE 124 |

| | | | |
|-------------------------------------------------|----|---------|-----------------|
| Válvula anti retorno Uniblock PVC EPDM 50 mm | 01 | 11,34 € | 11,34 € |
| | | | 348,39 € |

5.1.7. MATERIALES VARIOS

| Concepto | Importe |
|-----------------------------------------------|------------|
| Materiales consumibles | 485,00 € |
| Materiales de seguridad a utilizar en la obra | 730,00 € |
| Instalación de andamios, pasarelas, etc. | 600,00 € |
| Trabajo de limpieza | 450,00 € |
| | 2.265,00 € |

5.1.8. MANO DE OBRA PERSONAL

| Concepto | Precio (h/h) | Horas hombre | Importe |
|----------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| Jefe de Obra | 40,00 € | 160 | 6.400,00 € |
| Oficial fontanero x 2 | 32,00 € | 145 | 4.640,00 € |
| Ayudante fontanero x 2 | 21,00 € | 145 | 3.045,00 € |
| Operarios x 3 | 21,00 € | 228 | 4.788,00 € |
| Soldador | 45,00 € | 58 | 2.610,00 € |
| Ayudante soldador | 25,00 € | 58 | 1.450,00 € |
| Presupuesto mano de obra del personal | | | 22.933,00 € |

5.2. PRESUPUESTO DESGLOSADO EN PARTIDAS

| Concepto | Importe |
|-------------------------------------------|--------------------|
| Planta de tratamiento de aguas residuales | 28.015,00 € |
| Dispositivos con accionamiento por vacío | 11.739,50 € |
| Tuberías | 658,37 € |
| Conexiones | 348,39 € |
| Accesorios | 310,48 € |
| Válvulas | 348,39 € |
| Materiales varios | 2.265,00 € |
| Mano de obra personal | 22.933,00 € |
| Presupuesto ejecución del material | 54.878,63 € |

5.3. BALANCE FINAL DEL PRESUPUESTO

| Concepto | Importe |
|----------------------------------------------------------|--------------------|
| Presupuesto Ejecución del Material | 54.878,63 € |
| (10 % PEM) Gastos Generales, licencias y trámites | 5.487,86€ |
| Honorarios del proyecto | 3.600,00 € |
| (21 % PEM) IVA | <u>11.524,51 €</u> |
| Presupuesto General para conocimiento del Cliente | 75.491,00 € |

Asciende el Presupuesto General para conocimiento del Cliente a **SETENTA Y CINCO MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y UN EURO.**

Aviso responsabilidad UC

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Máster de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Máster así como el profesor/a director no son responsables del contenido último de este Trabajo.